

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Civil

Aplicación del software AutoCad Civil 3d al diseño de una nueva presa en el pantano de la Concepción. Málaga

Autor: Alejandro Algarín González

Tutores: Manuel Morato Moreno

Francisco Cabezas García

Dep. Ingeniería Gráfica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2017



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería Civil

Aplicación del software AutoCad Civil 3d al diseño de una nueva presa en el pantano de la Concepción. Málaga

Autor:

Alejandro Algarín González

Tutores:

Manuel Morato Moreno

Francisco Cabezas García

Dep. Ingeniería Gráfica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2017

Trabajo Fin de Grado: Aplicación del software AutoCad Civil 3d al diseño de una nueva presa en el pantano de la Concepción. Málaga

Autor: Alejandro Algarín González

Tutores: Manuel Morato Moreno
Francisco Cabezas García

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2017

El Secretario del Tribunal

A mi familia y amigos

Agradecimientos

Me gustaría agradecer todo el apoyo y la constante preocupación por mí tanto en los buenos como en los no tan buenos momentos que han definido mi trayectoria a lo largo de todo el grado. Agradecer a mi familia y amigos por su ayuda, por estar ahí.

A mi novia, mi pilar.

A los profesores, por dotarme de los conocimientos que han hecho posible este día, que han permitido mi realización como ingeniero. Destacando a mis tutores D. Manuel Morato Moreno y D. Francisco Cabezas García, por permitirme desarrollar este proyecto y llevarlo a buen puerto.

Gracias.

Aclaraciones

Este trabajo no pretende dar una respuesta única y universal sobre cómo modelar una presa en AutoCad Civil 3D. Si no más bien mostrar cómo una herramienta, para lo que no ha sido inicialmente creada, es capaz de satisfacer la ejecución del diseño de una presa. Así, la metodología o más bien dicho, los pasos que en adelante se mostrarán en el modelado de la presa, no son más que una de las muchas variantes que se pueden seguir para realizarla. En mi caso, he intentado plasmar el resultado de la manera más sencilla, eficaz y rápida que me ha sido posible. Este producto es el desenlace de horas y más horas frente al programa con el fin de buscar los atajos que mejor solución hayan dado.

En consecuencia, lo que en adelante se verá no es más que el resultado de todo ese esfuerzo, no viéndose reflejado todo el trabajo que hay atrás, sino la única solución del modelado de una presa. Una solución que considero eficaz. Pero como ya digo, seguramente no sea la única, pero sí la que menos tiempo incurriría de ejecutarse todos los pasos como en adelante expondré.

Agradecimientos	ix
Aclaraciones	xi
Índice	xii
Índice de Tablas	xiv
Índice de Ilustraciones	xv
1. ANTECEDENTES.	1
2. PARTES DE UNA PRESA, USOS Y CLASIFICACIÓN.	3
2.1. <i>Partes de una presa.</i>	3
2.2. <i>Clasificación.</i>	5
2.2.1. Según sus dimensiones.	5
2.2.2. Según el material.	5
2.3. <i>Usos.</i>	9
3. EMPLAZAMIENTO DE LA NUEVA PRESA.	10
4. TIPOLOGÍA DE LA NUEVA PRESA.	11
5. SISTEMAS DE REFERENCIA Y PROYECCIÓN.	12
6. CUENCA DE CAPTACIÓN Y CUBICACIÓN DE LA ZONA DE INTERÉS.	16
7. MODELADO DE LA PRESA.	18
7.1. <i>Obtención del terreno.</i>	18
7.2. <i>Alineación de la coronación y la excavación.</i>	20
7.3. <i>Subensamblajes, Obra Lineal y Superficies.</i>	23
7.3.1. Subensamblajes.	23
7.3.2. Obras lineales y Superficie Excavación.	27
7.3.3. Superficie Presa.	33
8. MODELADO DEL CAMINO DE ACCESO A LA PRESA.	37
8.1. <i>Alineación y elementos de apoyo.</i>	37
8.1.1. Material de apoyo.	37
8.1.2. Alineación.	38
8.2. <i>Subensamblajes, Obra Lineal y Superficies.</i>	39
8.2.1. Subensamblajes.	39
8.2.2. Obra lineal.	41
8.2.3. Superficie de Obra Lineal.	42
9. MODELADO DE LA EXPLANACIÓN COMPLEMENTARIA.	44
9.1. <i>Línea característica de la explanación.</i>	44
9.2. <i>Superficie de la explanación.</i>	45
10. UNIÓN DEL MODELO COMPLETO DE CIVIL 3D.	46

11.	Resultados	50
11.1.	<i>Camino de acceso</i>	50
11.2.	<i>Excavación.</i>	51
11.3.	<i>Explanación.</i>	53
11.4.	<i>Presa.</i>	53
12.	Conclusiones	55
	GLOSARIO	56
	BIBLIOGRAFÍA	57

Índice de Tablas

TABLA 1: RESULTADOS. MOVIMIENTOS DE TIERRA DEL CAMINO DE ACCESO	51
---	----

Índice de Ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1: PRESA CONCEPCIÓN, LA. (PANORAMIO [14/08/2017])	1
ILUSTRACIÓN 2: NIVEL DE AGUA DEL EMBALSE DE LA CONCEPCIÓN A DÍA 08/08/2017. [WWW.EMBALSES.NET]	2
ILUSTRACIÓN 3: CUERPO DE PRESA.....	3
ILUSTRACIÓN 4: ALIVIADERO INDEPENDIENTE	4
ILUSTRACIÓN 5: ALIVIADERO SOBRE CORONACIÓN	4
ILUSTRACIÓN 6: ALIVIADERO DE LABIO FIJO	4
ILUSTRACIÓN 7: ALIVIADERO DE COMPUERTAS.....	4
ILUSTRACIÓN 8: DESAGÜE INTERMEDIO	4
ILUSTRACIÓN 9: DESAGÜE DE FONDO	4
ILUSTRACIÓN 10: TOMA EN PARAMENTO.....	4
ILUSTRACIÓN 11: TORRE DE TOMA.....	4
ILUSTRACIÓN 12: ZONA DE ACTUACIÓN	10
ILUSTRACIÓN 13: EJE DE LA NUEVA PRESA.....	11
ILUSTRACIÓN 14: REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA EXAGERADA DE LA DIFERENCIA ENTRE GEOIDE Y ELIPSOIDE.....	12
ILUSTRACIÓN 15: EJEMPLOS DE ELIPSOIDES	13
ILUSTRACIÓN 16: PROYECCIÓN UTM	14
ILUSTRACIÓN 17: PROYECCIÓN POLAR ESTEREOGRÁFICA.....	14
ILUSTRACIÓN 18: PROYECCIÓN DE COORDENADAS	14
ILUSTRACIÓN 19: MDT: H10_1065_3-3 Y H10_1065_3-4 VISUALIZADO CON QGIS	15
ILUSTRACIÓN 20: CUENCA DE CAPTACIÓN VERDE-GUADALMANSA. QGIS	16
ILUSTRACIÓN 21: CUENCA DE CAPTACIÓN COMPLETA	17
ILUSTRACIÓN 22: NIVEL DE AGUA EMBALSADA (COLOR VERDE) A COTA 77,46 MSNM.....	18
ILUSTRACIÓN 23: ESTUDIO DE HIPSOMETRÍA DEL NIVEL DE AGUA EMBALSADA A COTA 77,46 MSNM.	18
ILUSTRACIÓN 24: OBTENCIÓN DEL TERRENO. TOPOGRAFÍA A PARTIR DE ARCHIVOS DEM.	19
ILUSTRACIÓN 25: OBTENCIÓN DEL TERRENO. TOPOGRAFÍA SOBRE ORTOFOTOS.	19
ILUSTRACIÓN 26: OBTENCIÓN DEL TERRENO. LIMITACIÓN DE DATOS	20
ILUSTRACIÓN 27: ALINEACIÓN DE LA CORONACIÓN Y LA EXCAVACIÓN. EJE.....	21
ILUSTRACIÓN 28: ALINEACIÓN DE LA CORONACIÓN Y LA EXCAVACIÓN. EJE PRESA	21
ILUSTRACIÓN 29: ALINEACIÓN DE LA CORONACIÓN Y LA EXCAVACIÓN. PERFIL LONGITUDINAL	22
ILUSTRACIÓN 30: ALINEACIÓN DE LA CORONACIÓN Y LA EXCAVACIÓN. CORONACIÓN Y EXCAVACIÓN	22
ILUSTRACIÓN 31: ESPACIO DE TRABAJO DE SUBASSEMBLY COMPOSER	23
ILUSTRACIÓN 32: PARÁMETROS DEL SUBENSAMBLAJE EXCAVACIÓN.	24
ILUSTRACIÓN 33: POSIBLES OPCIONES DE “Type”. PUNTO P1 DEL SUBENSAMBLAJE EXCAVACIÓN	24
ILUSTRACIÓN 34: SUBENSAMBLAJES. SUBASSEMBLY COMPOSER: PERFIL Y FLOWCHART EXCAVACIÓN	25
ILUSTRACIÓN 35: SUBENSAMBLAJES. SUBASSEMBLY COMPOSER: PERFIL Y FLOWCHART ALIVIADERO	25
ILUSTRACIÓN 36: SUBENSAMBLAJES. SUBASSEMBLY COMPOSER: PERFIL Y FLOWCHART PRESA.....	26
ILUSTRACIÓN 37: SUBENSAMBLAJES. SUBENSAMBLAJES EN CIVIL 3D.....	26
ILUSTRACIÓN 38: EXCAVACIÓN. OBRA LINEAL: EXCAVACIÓN (1).....	27
ILUSTRACIÓN 39: EXCAVACIÓN. OBRA LINEAL: EXCAVACIÓN (2).....	27
ILUSTRACIÓN 40: EXCAVACIÓN. SUPERFICIE EXCAVACIÓN (1)	28
ILUSTRACIÓN 41: EXCAVACIÓN. SUPERFICIE EXCAVACIÓN (2)	28
ILUSTRACIÓN 42: PRESA. OBRA LINEAL PRESA (1)	29
ILUSTRACIÓN 43: PRESA. OBRA LINEAL PRESA (2)	29
ILUSTRACIÓN 44: PRESA. OBRA LINEAL PRESA (3)	30
ILUSTRACIÓN 45: PRESA. OBRA LINEAL PRESA (4)	30
ILUSTRACIÓN 46: SUBENSAMBLAJES, OBRA LINEAL Y SUPERFICIES. ALINEACIÓN AGUAS ARRIBA	31
ILUSTRACIÓN 47: SUBENSAMBLAJES, OBRA LINEAL Y SUPERFICIES. ALINEACIÓN AGUAS ABAJO.....	31
ILUSTRACIÓN 48: SUBENSAMBLAJES, OBRA LINEAL Y SUPERFICIES. ALINEACIONES DE LA PRESA.....	31
ILUSTRACIÓN 49: SUBENSAMBLAJES, OBRA LINEAL Y SUPERFICIES. LÍMITES DE LA EXCAVACIÓN.....	32
ILUSTRACIÓN 50: SUBENSAMBLAJES, OBRA LINEAL Y SUPERFICIES. OBRAS LINEALES REDEFINIDAS	32
ILUSTRACIÓN 51: SUPERFICIE PRESA. PRESA (1)	33
ILUSTRACIÓN 52: SUPERFICIE PRESA. PRESA (2)	33
ILUSTRACIÓN 53: SUPERFICIE PRESA. PRESA APOYADA SOBRE LA EXCAVACIÓN	34

ILUSTRACIÓN 54: SUPERFICIE PRESA. ENSAMBLAJES DE LA PRESA	34
ILUSTRACIÓN 55: SUBENSAMBLAJES, OBRA LINEAL Y SUPERFICIES. PROPIEDADES DE SUPERFICIE PRESA - SUPERFICIE.....	35
ILUSTRACIÓN 56: SUBENSAMBLAJES, OBRA LINEAL Y SUPERFICIES. PROPIEDADES EXCAVACIÓN - SUPERFICIE	35
ILUSTRACIÓN 57: SUPERFICIE PRESA. ESTILO DE SUPERFICIE CN DE FONDO EN 2D (INTERVALO 1-5 m)	36
ILUSTRACIÓN 58: SUPERFICIE PRESA. VISTA AGUAS ABAJO	36
ILUSTRACIÓN 59: SUPERFICIE PRESA. VISTA AGUAS ARRIBA	37
ILUSTRACIÓN 60: ELEMENTOS DE APOYO. BASE CARTOGRÁFICA DE ANDALUCÍA [20160125_BCA_BASIC0_DWG_30106534]	38
ILUSTRACIÓN 61: ALINEACIÓN_CAMINO.....	38
ILUSTRACIÓN 62: MODELADO CAMINO DE ACCESO. PERFIL LONGITUDINAL: CAMINO	39
ILUSTRACIÓN 63: SUBENSAMBLAJES. "CARRILBÁSICO" Y "PENDIENTETALUDCUNETADESMONTEBÁSICA"	40
ILUSTRACIÓN 64: SUBENSAMBLAJES. SUBENSAMBLAJE DEL CAMINO DE ACCESO.....	40
ILUSTRACIÓN 65: OBRA LINEAL. CAMINO.....	41
ILUSTRACIÓN 66: OBRA LINEAL "CAMINO_ACCESO"	42
ILUSTRACIÓN 67: SUPERFICIE DE OBRA LINEAL. PARÁMETROS "SUPERFICIES"	42
ILUSTRACIÓN 68: SUPERFICIE DE OBRA LINEAL. PARÁMETROS "CONTORNOS"	43
ILUSTRACIÓN 69: SUPERFICIE DE OBRA LINEAL. RESULTADO.....	43
ILUSTRACIÓN 70: ALINEACIÓN DE LA EXPLANACIÓN	44
ILUSTRACIÓN 71: SUPERFICIE DE LA EXPLANACIÓN. HERRAMIENTAS DE CREACIÓN DE EXPLANACIÓN	45
ILUSTRACIÓN 72: SUPERFICIE DE LA EXPLANACIÓN. SUPERFICIE "EXPLANADA"	45
ILUSTRACIÓN 73: UNIÓN DEL MODELO COMPLETO DE CIVIL 3D. GENERACIÓN NUEVA SUPERFICIE TIN.....	46
ILUSTRACIÓN 74: UNIÓN DEL MODELO COMPLETO DE CIVIL 3D. SUPERFICIE "TOPOGRAFÍA" MÁS "EXCAVACIÓN SUPERFICIE"	47
ILUSTRACIÓN 75: UNIÓN DEL MODELO COMPLETO DE CIVIL 3D. ADICIÓN DE LA "EXPLANADA"	47
ILUSTRACIÓN 76: UNIÓN DEL MODELO COMPLETO DE CIVIL 3D. ADICIÓN DEL "CAMINO_ACCESO"	48
ILUSTRACIÓN 77: UNIÓN DEL MODELO COMPLETO DE CIVIL 3D. PROPIEDADES DE SUPERFICIE "TOPOGRAFÍA_RESULTANTE"	48
ILUSTRACIÓN 78: UNIÓN DEL MODELO COMPLETO DE CIVIL 3D. SOLUCIÓN.....	49
ILUSTRACIÓN 79: RESULTADOS.SUPERFICIE DE VOLUMEN TIN.....	52
ILUSTRACIÓN 80: RESULTADOS. SUPERFICIE GENERADA	52
ILUSTRACIÓN 81: RESULTADOS. ESTUDIO HIPSOMETRÍA EXCAVACIÓN.....	52
ILUSTRACIÓN 82: RESULTADOS. DESMONTE DE EXPLANACIÓN	53
ILUSTRACIÓN 83: RESULTADOS. ESTUDIO HIPSOMETRÍA EXPLANACIÓN	53
ILUSTRACIÓN 84: RESULTADOS. VOLUMEN CUERPO PRESA.....	54
ILUSTRACIÓN 85: RESULTADOS. ESTUDIO HIPSOMETRÍA PRESA	54
ILUSTRACIÓN 86: PARTES DE UNA PRESA DE GRAVEDAD Y TRAZADO RECTO. (HTTP://OSP.MANS.EDU.EG/TAHANY/DAMS1.HTM)...	56

1. ANTECEDENTES.

La Presa de la Concepción se enmarca dentro de la Demarcación hidrográfica del Mediterráneo. Se emplaza en el municipio de Marbella, provincia de Málaga, sobre el río Verde. Consiste en una infraestructura que tiene por objetivo el de regular el agua del embalse de la Concepción, empleado para abastecimiento. Se clasifica como “presa de gravedad de hormigón” y data del año 1971. Consta de un aliviadero regulado por compuertas con una capacidad de 580 m³/s y contiene, a su vez, dos desagües con una capacidad de 209 m³/s.



Ilustración 1: Presa CONCEPCIÓN, LA. (Panoramio [14/08/2017])

Su misión, pese a cumplirse, se ha puesto en entre dicho prácticamente desde sus inicios debido a que en periodos de lluvia el embalse alcanza su capacidad máxima viéndose obligado a entrar en funcionamiento los desagües y aliviaderos de la presa, frente a los periodos de sequía o escasez de lluvia en los que el embalse se encuentra con niveles de agua mínimos. Son pues, estos dos puntos contrapuestos, los que han derivado en integrar a dicho embalse dentro del “programa de inversiones del Plan Hidrológico Nacional aprobado por la Ley 11/2005, de 22 de junio, que modifica la Ley 10/2001 del PHN por la que fue declarada de Interés General”.

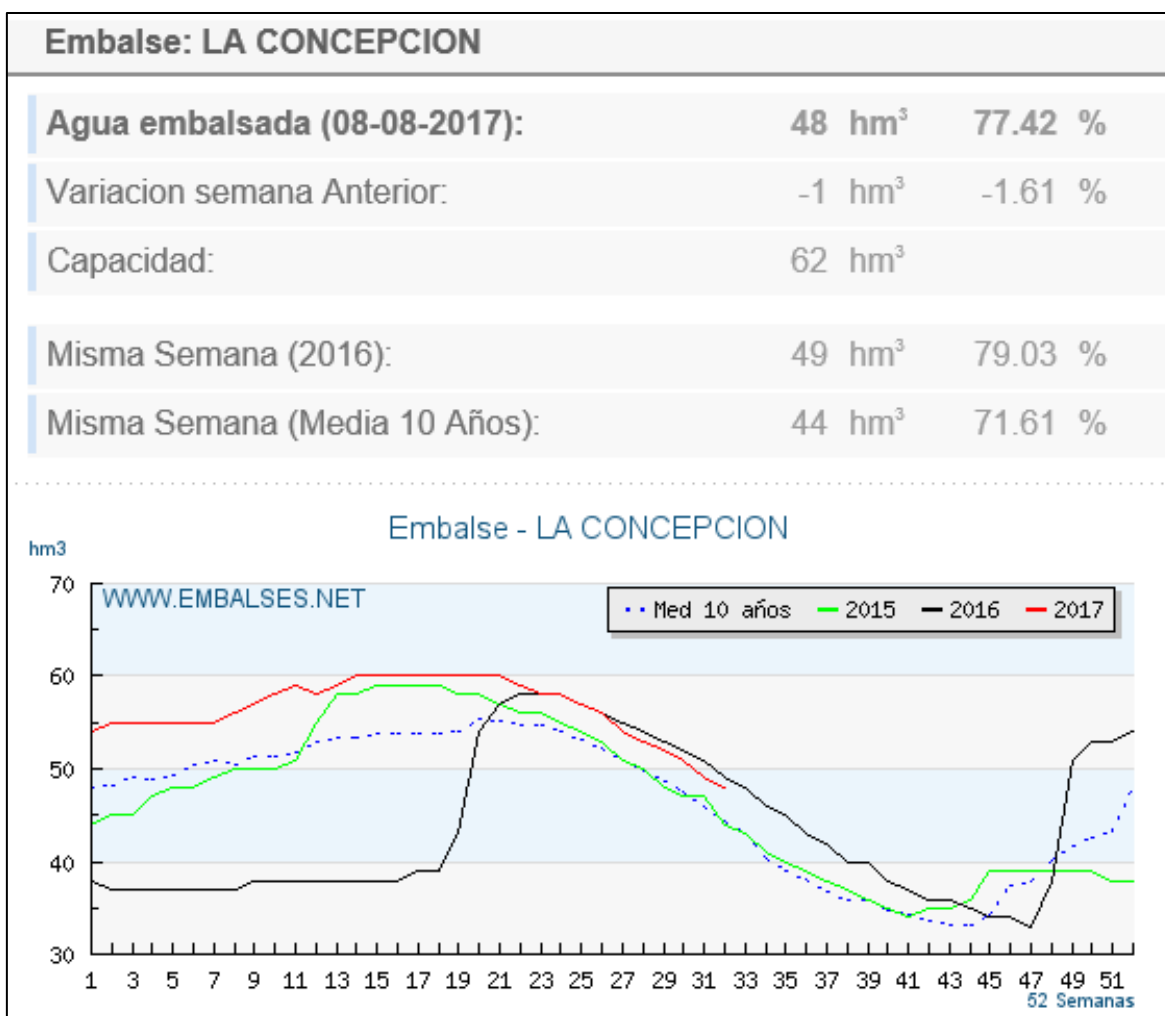


Ilustración 2: Nivel de agua del embalse de La Concepción a día 08/08/2017. [www.embalses.net]

El crecimiento de las urbanizaciones llevó a la necesidad de aportes adicionales, derivando en los transvases de los ríos Guadaiza, Guadalmanza y Guadalmina, a finales de los 90. De esta manera, se consiguió elevar las aportaciones medias anuales a un volumen de 63 hm³.

Es en el programa de inversiones del Plan Hidrológico Nacional en el que se propone la creación de una nueva presa, un poco más adelante del emplazamiento de la actual, como mejor medida para solucionar los problemas de capacidad que presenta la presa de la Concepción. Con ello, junto con la oferta de licitación lanzada por la Junta de Andalucía del “servicio para la redacción del anteproyecto de nueva presa de la Concepción para incremento de la regulación de los ríos Verde, Guadalmina, Guadaiza y Guadalmanza para abastecimiento de la costa del sol occidental en T.M. Marbella (Málaga) (NET730663)”, se puede ver la necesidad de desarrollar el diseño de una nueva presa.

Contando con las ideas anteriores, el presente trabajo recoge el modelado de la Nueva Presa de la Concepción mediante la herramienta informática AutoCad Civil 3D, versión 2017. Para que ello sea posible, dado que este software no presenta un módulo específico para dicha tarea, se ha recurrido al empleo de un segundo software denominado Subassembly Composer, versión 2017, para la generación de los subensamblajes que definan la nueva presa. A su vez, con el fin de generar un modelo visualmente más atractivo, de cara a su presentación, se ha empleado un tercer software denominado InfraWorks 360.

2. PARTES DE UNA PRESA, USOS Y CLASIFICACIÓN.

2.1. Partes de una presa.

Una presa puede contener multitud de elementos según el uso que se le vaya a dar. Los elementos más comunes en una presa son los siguientes:

- *La pantalla:* corresponde al cuerpo de la presa.



Ilustración 3: Cuerpo de presa

- *Aliviaderos:* permite el paso del agua en situaciones extraordinarias en las que el caudal del río en el que se localizan se vea sobrepasado y derive en un eventual rebosamiento.
 - o Según su posición:



Ilustración 5: Aliviadero sobre coronación



Ilustración 4: Aliviadero independiente

- Según su control:



Ilustración 7: Aliviadero de compuertas



Ilustración 6: Aliviadero de labio fijo

- Desagües:



Ilustración 9: Desagüe de fondo



Ilustración 8: Desagüe intermedio

- Tomas: permiten la captación del agua embalsada. Dicha captación se puede realizar a diferente altura para tener en cuenta el ciclo litológico del embalse. La obra puede incluirse en el propio cuerpo de la presa (paramento) o encontrarse separada de la misma (torre de toma).



Ilustración 11: Torre de toma

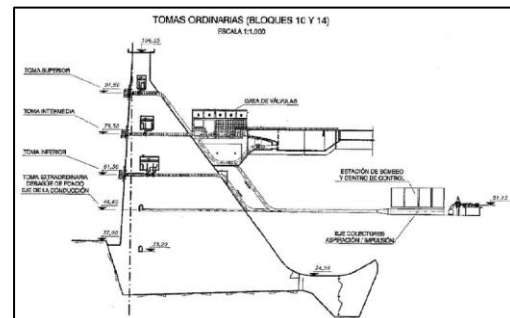


Ilustración 10: Toma en paramento

- Obras auxiliares: en una presa se integran elementos denominados galerías a distinto nivel, dentro del cuerpo de presa. No obstante, existen otros elementos presentes en todas las presas sin que sean necesariamente estructurales. Son el caso de las casas de los trabajadores y los talleres de mantenimiento, así como la « casa del ingeniero ».
- Embalse: zona de agua embalsada.

2.2. Clasificación.

2.2.1. Según sus dimensiones.

Según Instrucción para el Proyecto, Construcción y Explotación de Grandes Presas, se distinguen entre:

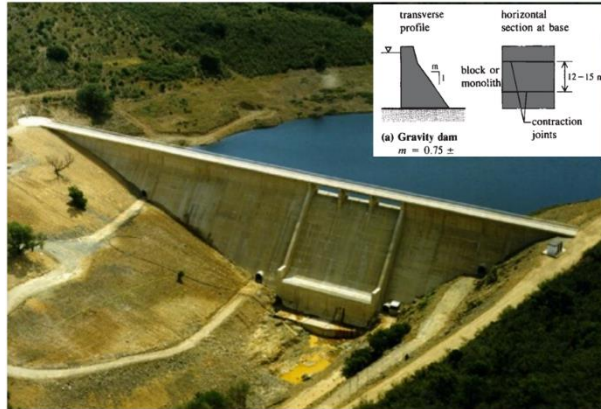
- Grandes presas:
 - o Presas de más de 15 metros de altura.
 - o Presas de entre 10 y 15 metros de altura que satisfaga, al menos, una de las condiciones siguientes:
 - Capacidad de embalse superior a 1 hm³.
 - Cimientos con características excepcionales o elementos que la hacen clasificar de importe, tales como la seguridad o economía pública.
 - Capacidad de desagüe superior a 2000 m³/s.
- Pequeñas presas: el resto.

2.2.2. Según el material.

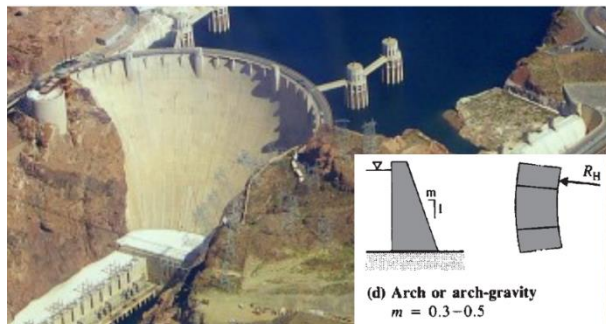
Se distinguen dos grandes grupos:

- *Presas de fábrica.* El material empleado en su construcción es el hormigón sustituto de la mampostería, desde primeros del siglo XX, debido al aumento en altura y de la capacidad resistencia de la obra.

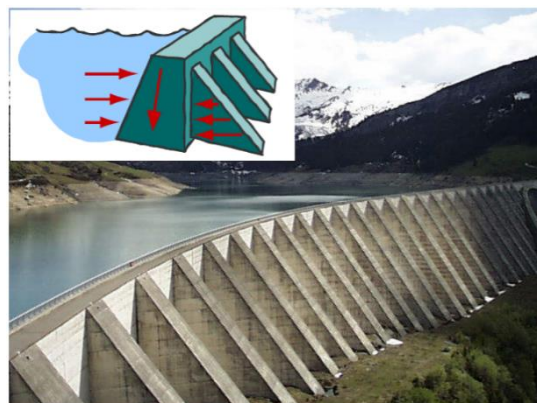
- **Gravedad.** El mecanismo de funcionamiento se basa en su propia masa, la cual le permite resistir el empuje hidrostático aguas arriba. Presentan un perfil triangular que le dota de estabilidad y reduce los esfuerzos en la cimentación. Se pueden encontrar presas con curvatura que no influyen en la transmisión de esfuerzos ya que, de lo contrario, se trataría del tipo arco-gravedad.



- **Presa Arco-gravedad.** La presa presenta una curvatura en el plano horizontal permitiendo la distribución de los empujes hacia los laterales de la cerrada. No obstante, el principio de funcionamiento es el mismo que en el caso de la presa gravedad, el peso de la pantalla.

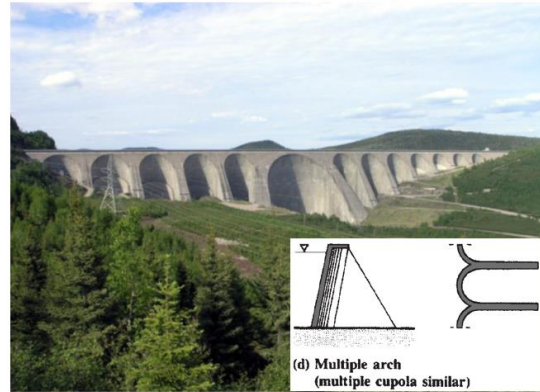


- **Aligeradas o de contrafuertes.** Reciben este nombre aquellas presas cuya construcción se refuerza aguas abajo mediante el uso de contrafuertes, lo que permite reducir el volumen necesario de hormigón a emplear y modificar la pendiente del talud aguas arriba.

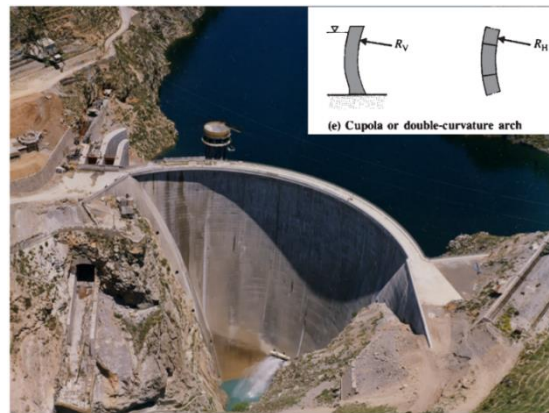


Un subgrupo dentro de este son las presas aligeradas de bóvedas múltiples, similares a las anteriores cuyo principio de funcionamiento se basa en el empleo de arcos que distribuyen los esfuerzos hacia la base. Son menos comunes que las

anteriores.



- **Bóveda.** La presa presenta una curvatura en plano vertical y en el horizontal, o sea, doble curvatura, de forma que los empujes se distribuyen hacia la cerrada y los cimientos. Precisa de menos material que la presa de tipo gravedad y es mucho más eficiente. Sin embargo, presenta una mayor exigencia en cuanto a los materiales de la cerrada.

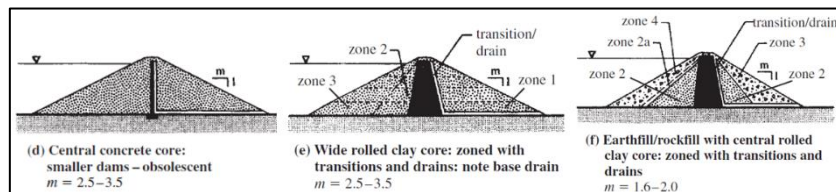


- *Presas de materiales sueltos.* Los materiales empleados provienen de suelos naturales excavados o de canteras cercanas: piedras, arenas, gravas, arcillas o limos. En general se suelen disponer varios materiales que cumplen funciones distintas. Para el núcleo se suelen emplear finos para adquirir un carácter impermeable y para las capas superficiales elementos más gruesos, gravas y arenas; rematado con piedras y aumentar la estabilidad. Se suelen disponer drenes para evacuar el agua y evitar infiltraciones que deriven en el colapso de la estructura. Además, se deben disponer filtros para evitar el lavado de finos del núcleo.
- **Homogéneas.** Se precisan de grandes cantidades de material, ya que este tipo de suelos resultan poco competentes, lo que se traduce en presas pequeñas y de escasa altura. Suelen disponer de drenes chimenea para evacuar la posible agua filtrada.

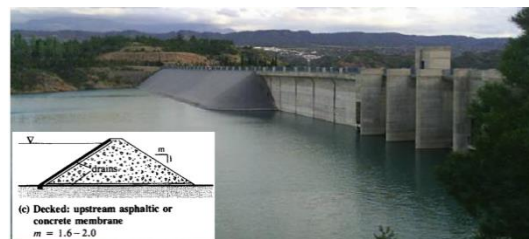


- **Heterogéneas.** Se puede distinguir entre presas con núcleo impermeable o de pantalla impermeable. En ambas los taludes se ejecutan con materiales de mayor grueso, con lo que la cantidad necesario de material se reduce. También contienen drenes para evacuar las aguas filtradas, así como la disposición de filtros para impedir el lavado de los finos del núcleo.

- **Núcleo impermeable:** la función impermeable recae sobre un núcleo arcilloso, hormigón o material asfáltico.



- **Pantalla impermeable:** la función impermeable recae sobre un paramento aguas arriba de la presa tratado con telas sintéticas, hormigón armado o asfalto. Se suele precisar la colocación de drenes en la parte inferior para evitar la infiltración del agua al cuerpo de la presa.



2.3.Usos.

Una presa es una estructura artificial que permite el almacenamiento controlado de agua. Este almacenamiento da origen a un depósito de agua o embalse generando la inundación del cauce y de sus zonas aledañas. El uso de una presa puede ser para abastecimiento, hidroeléctrico, riego, derivación, industria o defensa de avenidas. La estructura puede perseguir un fin o varios.

- *Derivación*: Son presas que permiten el trasvase de agua a otras zonas por gravedad y mediante conducción (azud). Los embalses asociados a esta tipología no presentan gran variación en su lámina de agua, lo cual facilita la práctica de usos recreativos. No suelen ser grandes presas y su funcionalidad queda garantizada gracias a la conexión con otras aguas arriba o por la influencia de cursos importantes.
- *Hidroeléctrico*: Este tipo de presa se proyecta para de obtener energía a partir de la energía potencial que un salto de agua otorga. En la actualidad resulta frecuente incorporar esta finalidad como “rentable actividad secundaria” en presas que inicialmente no se crearon con dicho fin. Con los avances actuales en tecnología, se contempla el aprovechamiento de las mareas como sustitución al salto de agua.
- *Regulación*: La función de este tipo de presas consiste en laminar las grandes avenidas y reducir los efectos adversos de los periodos de déficit de agua. Para su correcto funcionamiento se establece un *plan de explotación a escala de la cuenca*.
- *Riego*: Esta tipología da respuesta a la necesidad hídrica de los cultivos. Los embalses asociados a estas presas tienen un ciclo de explotación anual de forma que los valores de la lámina de agua oscilan entre valores unos mayores, en invierno, y menores, en verano.
- *Abastecimiento*: Los embalses creados para esta finalidad suelen presentar un nivel de agua constante con pequeñas variaciones. Las presas pueden cumplir varios usos a la vez o incluso satisfacer usos *secundarios* como el hidroeléctrico, pese a no contemplarse inicialmente. No obstante, el uso para abastecimiento es preferente a todos ellos en situaciones de escasez.

- *Industria:* El uso específico para la industria no es común dentro de las presas. Se suelen asociar a la industria minera y su ciclo de explotación varía según la actividad a la que sirva.

3. EMPLAZAMIENTO DE LA NUEVA PRESA.

La Nueva presa de la Concepción se enmarcará en la región del Istán, cerca de la actual presa de La Concepción. Concretamente, en la zona apreciada en la siguiente ilustración:



Ilustración 12: Zona de actuación

Según el anteproyecto licitado por la Junta de Andalucía, “ANTEPROYECTO DE PRESA EN EL RIO VERDE DE MARBELLA, T.M. MÁLAGA”, la zona de actuación que se propone y sobre la cual se desarrolla el presente trabajo es:

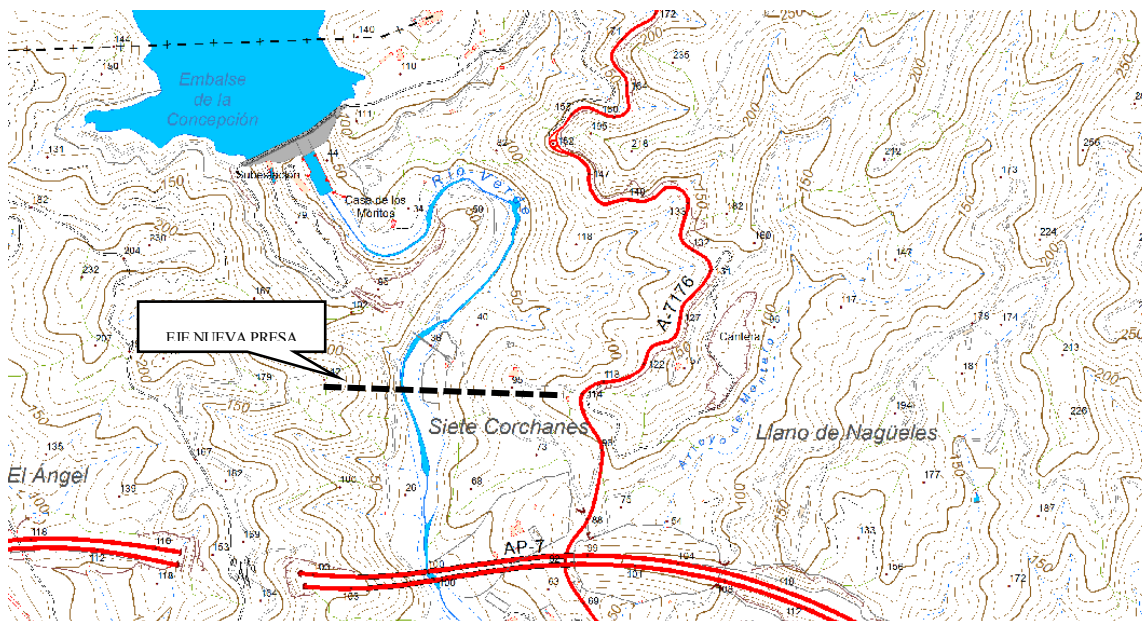


Ilustración 13: Eje de la nueva presa

Mientras que la ilustración 12 se obtiene a partir de cuatro ortofotos unidas del tipo “Modelo Digital de Andalucía 10 metros/píxel (2008/2009)”, con extensión de archivo *jp2*; la ilustración 13 se extrae de una “Ortofotografía en Color 0,5 metros/píxel (2010/2011)”, con extensión de archivo *tif*. Ambas son procesadas y generadas con el software QGIS. De dicho software se puede visualizar la cuenca de captación que irriga la actual presa:

4. TIPOLOGÍA DE LA NUEVA PRESA.

La Nueva presa de La Concepción se proyectará con perfil triangular y trazado recto, de tipología *Presa de Gravedad* ejecutada con Hormigón. Esta tipología sigue la línea de la actual presa de La Concepción, con el aliciente de que la nueva presa a ejecutar contará con una altura mayor con el fin de elevar la lámina de agua embalsada.

El uso de esta nueva presa será el de abastecimiento para poder dar respuesta a la demanda que recae sobre la actual y que, como ya se ha visto, presenta un gran déficit a la hora de realizar su función debidamente.

En cuanto al tipo de presa, según dimensiones y acorde con la Instrucción para el Proyecto, Construcción y Explotación de Grandes Presas, entra dentro del grupo de “Grandes Presas”.

5. SISTEMAS DE REFERENCIA Y PROYECCIÓN.

El modelado en Civil3D se inicia con un archivo de dibujo, en blanco, con formato *.dwg*. Sobre este fichero se puede aplicar la geolocalización que mejor defina el entorno sobre el que se proyectará la obra a realizar. Ubicar un proyecto consiste en establecer dos parámetros: SRT y Proyección.

▪ **SRT:** *Sistema de Referencia Terrestre.*

Se tratan de sistemas no inerciales debidos a la presencia de la aceleración centrífuga y la Fuerza de Coriolis, producto del movimiento de rotación de la Tierra. Así, estos sistemas permiten determinar las coordenadas de puntos de la superficie terrestre.

En la actualidad se emplea el *Sistema de Referencia Terrestre Convencional* o *CTRS*, y se define con los siguientes parámetros:

- *Origen:* Geocentro o centro de masas terrestre
- *Eje X:* Pasa por el meridiano de Greenwich (meridiano de referencia) y por el Origen. Es perpendicular al Eje Z.
- *Eje Y:* Contenido en el ecuador medio. Es perpendicular al Eje Z y al Eje X.
- *Eje Z:* Coincidente con el CTP o “Polo Terrestre Convencional”.

La superficie terrestre no forma un elipsoide perfecto sino un geoide. No obstante, la representación matemática de esta figura no es sencilla. En respuesta a esta objeción se definen los denominados *Elipsoides de Revolución*. Consiste en definir un elipsoide de revolución en torno a OZ como eje menor y centro en O que intenta aproximarse a la superficie equipotencial “geoide”.

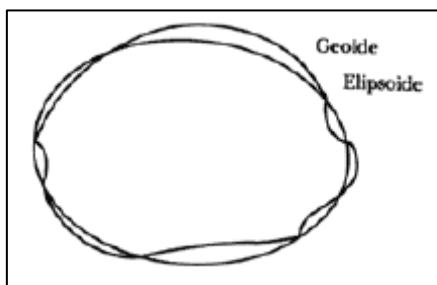


Ilustración 14: Representación esquemática exagerada de la diferencia entre geoide y elipsoide

Como todo elipsoide, su forma queda definida a partir de dos parámetros independientes

elegidos de entre los cuatro siguientes:

$a = \{\text{semi-eje principal}\}$

$b = \{\text{semi-eje secundario}\}$

$e = \{\text{exentricidad}\}$

$f = \{\text{aplastamiento}\}$

Las relaciones entre dichos parámetros se establecen mediante la siguiente formulación:

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}} \quad f = 1 - \frac{b}{a} \quad \frac{b}{a} = 1 - f = \sqrt{1 - e^2}$$

$$f = 1 - \sqrt{1 - e^2}$$

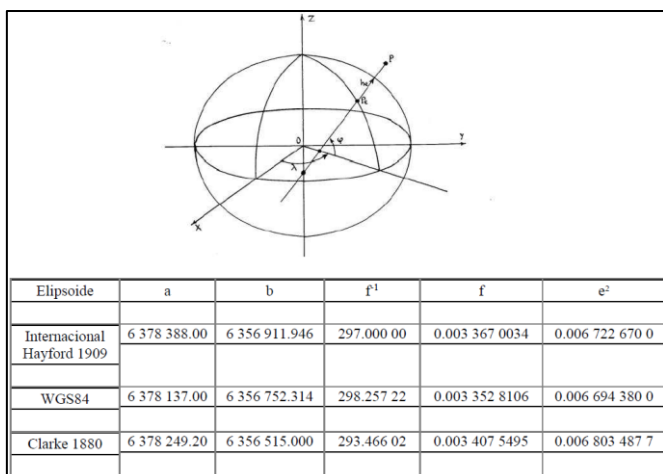


Ilustración 15: Ejemplos de elipsoides

El actual sistema en el que se apoya el territorio español es el ETRS89, frente al anteriormente usado (ED50) que se basaba en el elipsoide internacional de Hayford, cuyo punto fundamental se sitúa en Postdam. En cambio, el sistema GPS emplea el World Geodetic System WGS-84, que no difiere mucho del ETRS89.

▪ Proyección UTM.

En un mapa se representa de manera parcial la superficie de la Tierra. Establecido el SRT resulta necesario establecer el sistema de coordenadas. Los más comunes son Coordenadas Geográficas, *latitud y longitud*, y coordenadas UTM, *Universal Transversa Mercator*.

En el caso de España, se emplea la proyección UTM. Esta proyección se realiza sobre un cilindro transversal que gira alrededor del eje Norte-Sur limitada por los paralelos 84° N y 80° S, completándose con la proyección polar estereográfica para las regiones septentrionales.

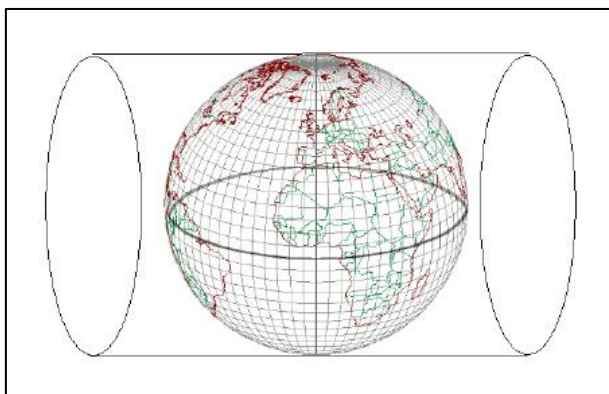


Ilustración 16: Proyección UTM

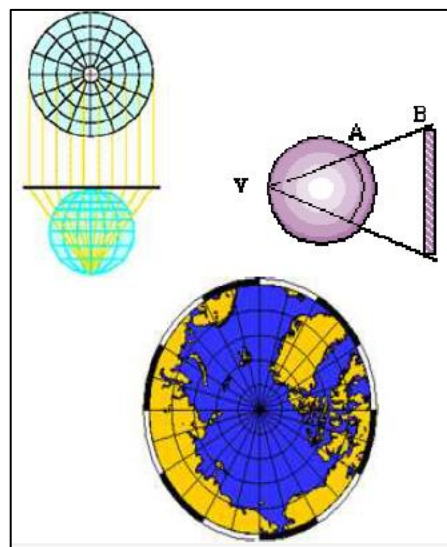


Ilustración 17: Proyección Polar Estereográfica

Las zonas UTM dividen el planeta en 30 husos, de Este a Oeste, enumerado del 1 al 60 y separados para 6°. A su vez, de Sur a Norte, se componen de 20 bandas, designadas de la C a la W separadas 8° y la X 12°.

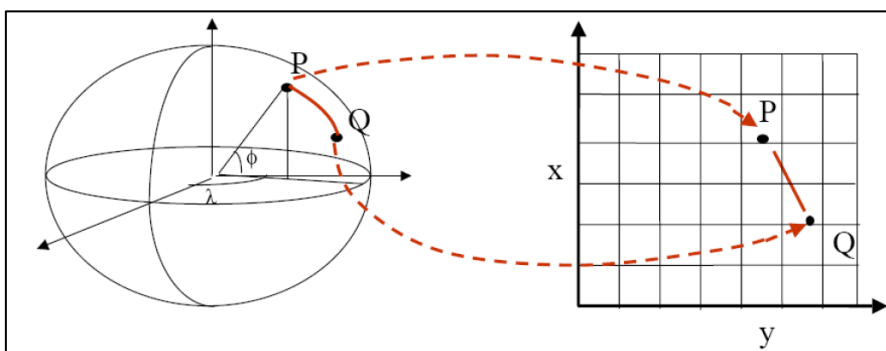


Ilustración 18: Proyección de coordenadas

Dado que el estudio se realiza en la zona del Istán, se debe a aplicar el sistema ETRS89, Huso 30. Al tratarse del más certero en cuanto a la región de Málaga.

Sin embargo, el proceso de localización manual no es necesario realizarlo ya que la superficie que se inserta en el plano inicial, vacío, a través de una Superficie TIN (Red irregular triangular) se genera a través de dos ficheros de extensión .tif. Estos ficheros se

descargan con información complementaria (archivos) que contienen información altimétrica e información geográfica. Por lo que la superficie se generada directamente en el sistema ETRS89, Huso 30.

Concretamente, los ficheros de los que se compone la superficie son del tipo Modelo digital de Andalucía, actualizados a fecha de 2008/2009:

- h10_1065_3-3
- h10_1065_3-4

Se cuenta con la fiabilidad de los datos generados por la Junta de Andalucía.

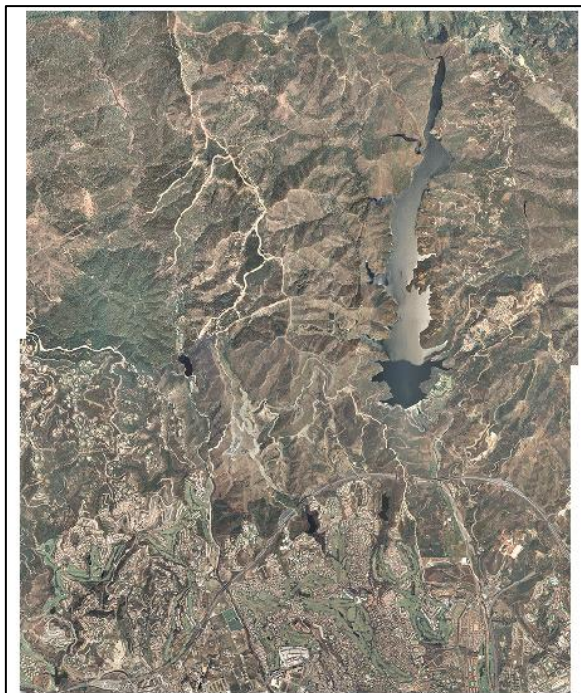


Ilustración 19: MDT: h10_1065_3-3 y h10_1065_3-4 visualizado con QGIS

Matizar que una superficie TIN es el producto de la unión entre los puntos de la superficie más próximos formando líneas TIN. Estas, a su vez, se unen formando triángulos que a su vez conforman una red irregular triangular creando una superficie. La altura de estos puntos se obtiene de la interpolación de los vértices del triángulo al que pertenece.

6. CUENCA DE CAPTACIÓN Y CUBICACIÓN DE LA ZONA DE INTERÉS.

En este punto se procede al estudio del volumen de agua que la nueva presa será capaz de embalsar. Esto permite determinar la altura de dicha presa de manera que sea congruente con la morfología del terreno disponible, así como la posibilidad de embalsar agua sin que se produzcan picos “descontrolados” y se evite la afección de zonas no deseadas.

La cuenca que nutre al actual embalse de La Concepción cubre una superficie de 144,681 km² y se extiende a lo largo de 53,363 km.

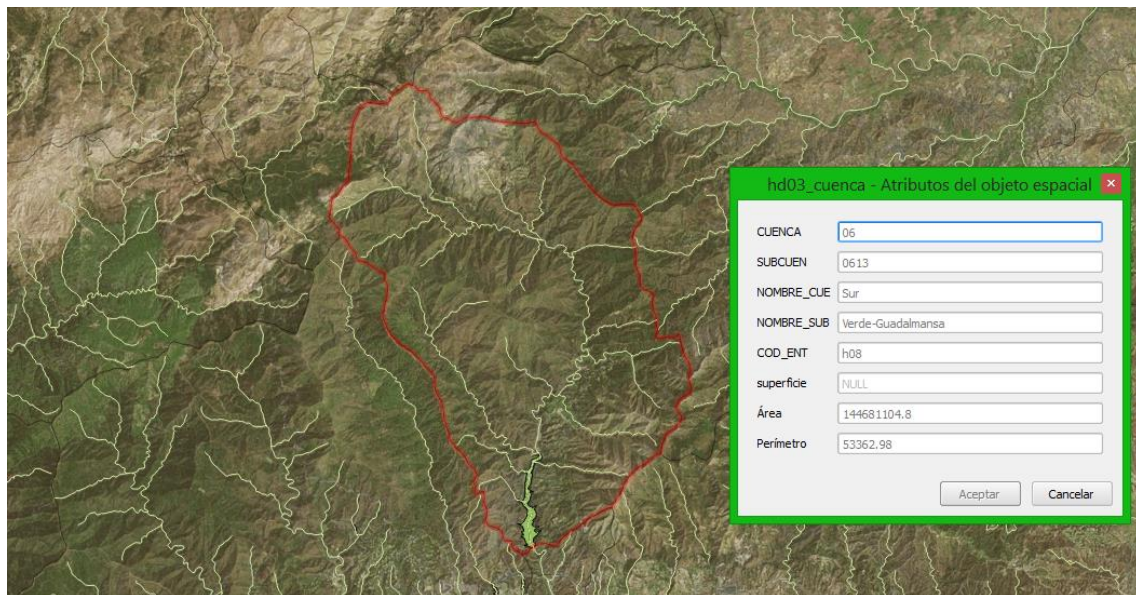


Ilustración 20: Cuenca de Captación Verde-Guadalmansa. QGIS

Adicionalmente, se tiene el resto de la cuenca que va hasta la desembocadura del río Verde al mar. Esto implica que la nueva presa se nutrirá de la cuenca de la ilustración anterior además de parte de la siguiente:

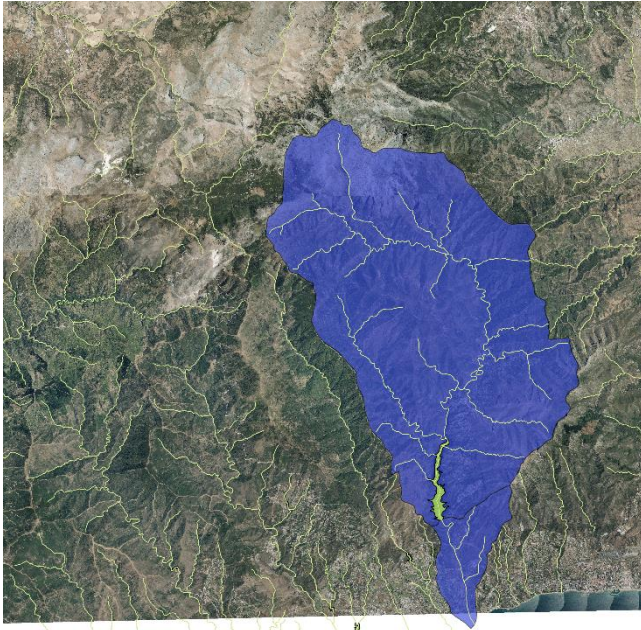


Ilustración 21: Cuenca de Captación completa

El estudio consiste en comparar la superficie inicialmente creada en Civil3D, la cual contiene toda la información del terreno sujeto a estudio, y compararla con una segunda superficie delimitada por una polilínea a la altura deseada. El volumen se obtiene de generar una superficie de volumen TIN que tome como base la primera y como superficie de comparación a la segunda.

Se calcula el volumen que hay entre estas dos superficies, o lo que es igual, el volumen de agua que la presa será capaz de embalsar. Se ha decidido tomar como lámina máxima de agua la curva de nivel de 103.5 msnm. Esto se traduce en una altura de la presa de 77,46 metros sobre el cauce.

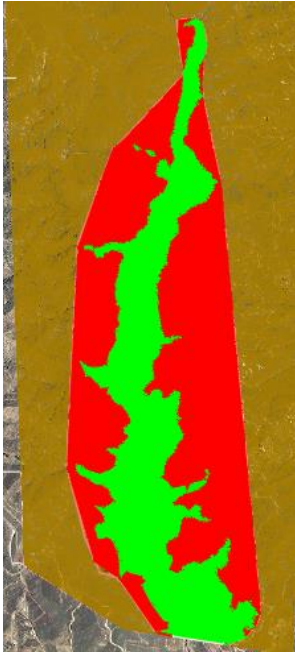


Ilustración 22: Nivel de agua embalsada (color verde) a cota 77,46 msnm.

ESTUDIO DE HIPSOMETRÍA							
INTERVALO	COLOR	COTA MINIMA	COTA MAXIMA	ÁREA 2D (m ²)	ÁREA 3D (m ²)	SUPERFICIE	VOLUMEN
1	■	-166.73	0.00	3715153.94	4242278.98	3715153.94	181055715.93
2	■	0.00	77.46	2523318.30	2621861.88	2523318.30	35967935.09

Ilustración 23: Estudio de hipsometría del nivel de agua embalsada a cota 77,46 msnm.

Como resultado se obtiene que el volumen adicional al que ya acepta la presa actual (57 hm³) es de 35,97 hm³. En definitiva, la Nueva Presa de la Concepción permite obtener un nuevo embalse con una capacidad aproximada de 92,97 hm³.

7. MODELADO DE LA PRESA.

A continuación, se procede a argumentar la línea seguida para el modelado de la nueva presa para el embalse de La Concepción.

7.1. Obtención del terreno.

El correcto modelado de la nueva presa puede realizarse contando, únicamente, con 2 modelos digitales del terreno (MDT) según lo indicado en el punto 3.

Estos archivos se añaden a una nueva superficie creada que recibe el nombre de “Topografía”.

De esta forma, la superficie pasa a englobar la información altimétrica contenida en ambos archivos.

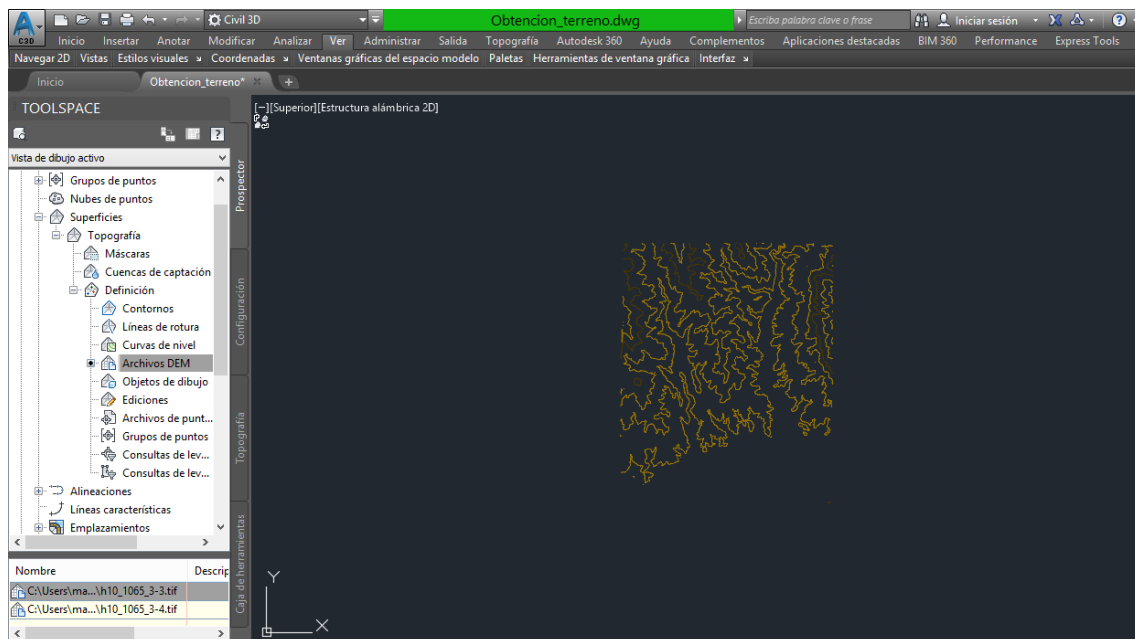


Ilustración 24: Obtención del terreno. Topografía a partir de archivos DEM.

Para facilitar la lectura de esta superficie se añaden las ortofotos correspondientes a los archivos .tif que definen la superficie “Topografía”:

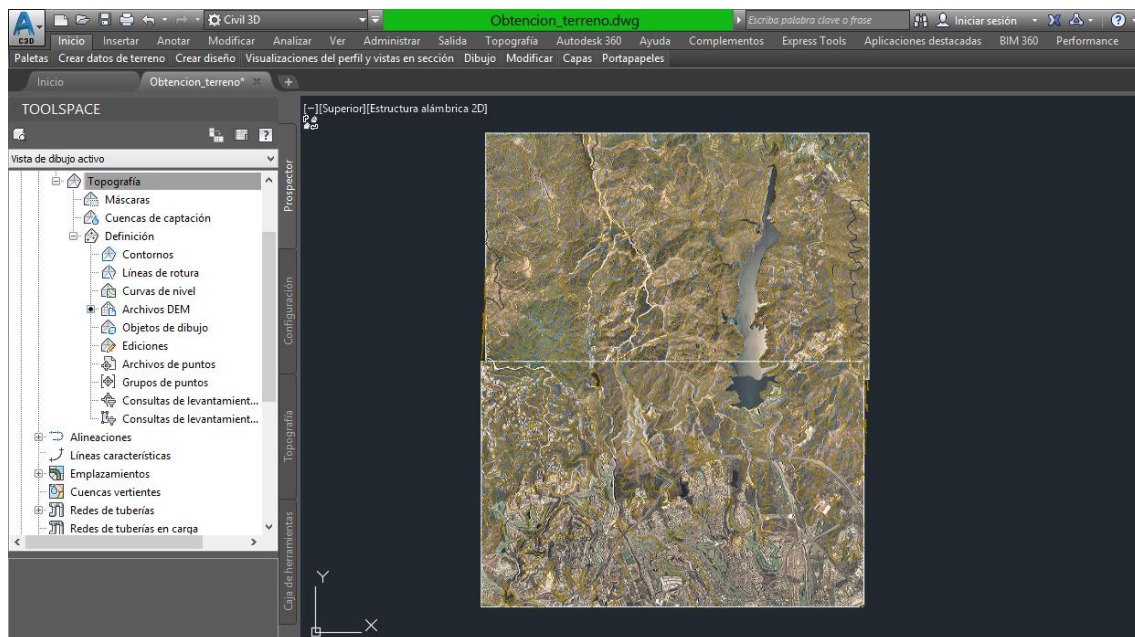


Ilustración 25: Obtención del terreno. Topografía sobre ortofotos.

Con el fin de acelerar el procesado de la información se define un *contorno* para

delimitar la superficie. Este se realiza en torno a la situación de la alineación de la nueva presa. A su vez, para trabajar directamente con las curvas de nivel de la superficie, se extraen los objetos: curvas de nivel y curvas de nivel maestra.

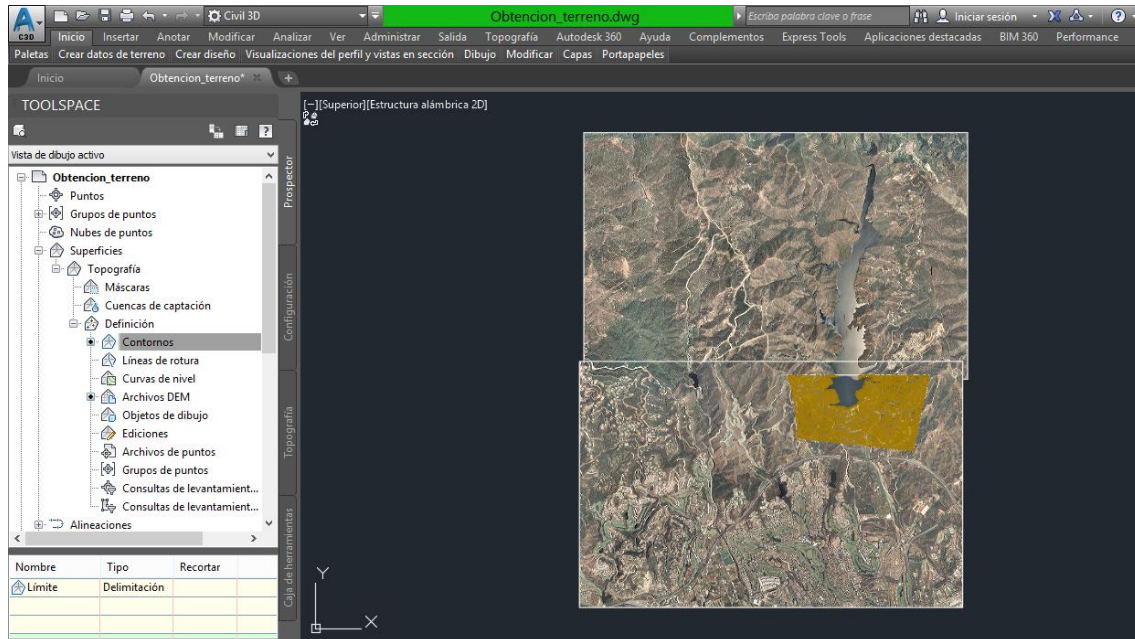


Ilustración 26: Obtención del terreno. Limitación de datos

7.2. Alineación de la coronación y la excavación.

Tras definir la superficie *Topografía*, base para el modelado de la presa, resulta necesario precisar con exactitud el eje que definirá el trazado a seguir por la misma. Este eje permite situar tanto la coronación como la excavación de la estructura.

Se parte de una polilínea en el emplazamiento deseado. En este caso, dado que se conoce el emplazamiento aproximado de la nueva presa y se cuenta con una ortofoto georreferenciada, la exactitud del emplazamiento de la presa es precisa.

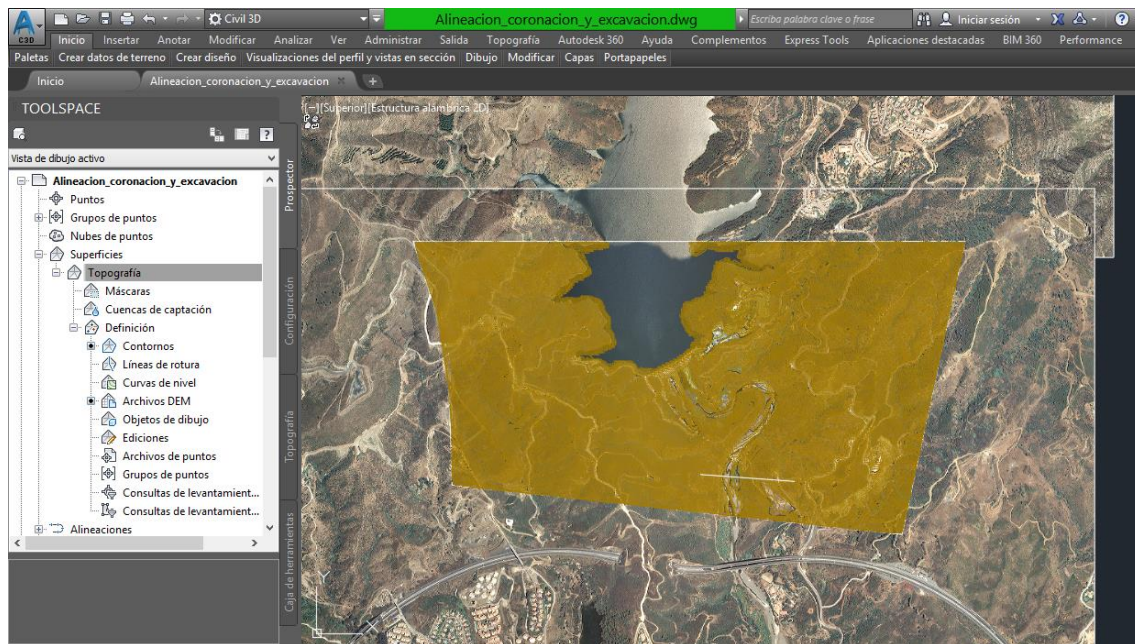


Ilustración 27: Alineación de la coronación y la excavación. Eje

A partir del objeto polilínea se crea una alineación con el nombre “Eje presa”:

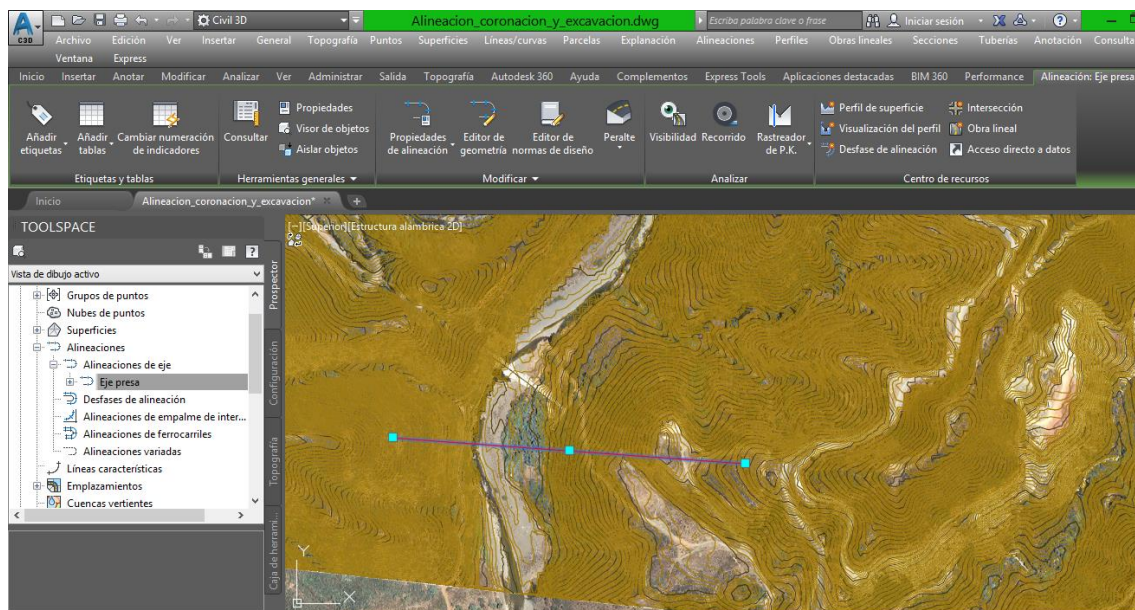


Ilustración 28: Alineación de la coronación y la excavación. Eje Presa

Acto seguido, se procede con la creación de un perfil longitudinal de la superficie *Topografía* tomando la alineación *Eje presa*. Adicionalmente, se han ajustado la escala del espacio modelo a 1:3000 y la escala del perfil longitudinal, esta última según se observa en la ilustración:

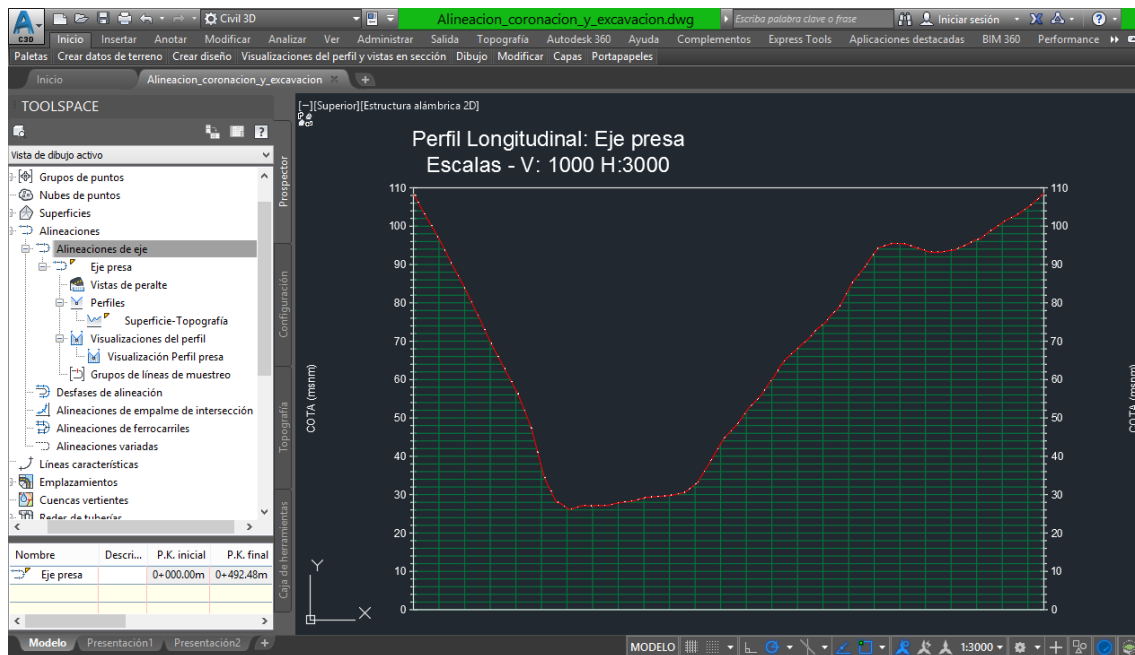


Ilustración 29: Alineación de la coronación y la excavación. Perfil Longitudinal

Tomando como base este perfil se define, por composición, el emplazamiento de la coronación de la nueva presa, *Coronación*, así como el de la excavación sobre la que se proyectará, *Excavación*.

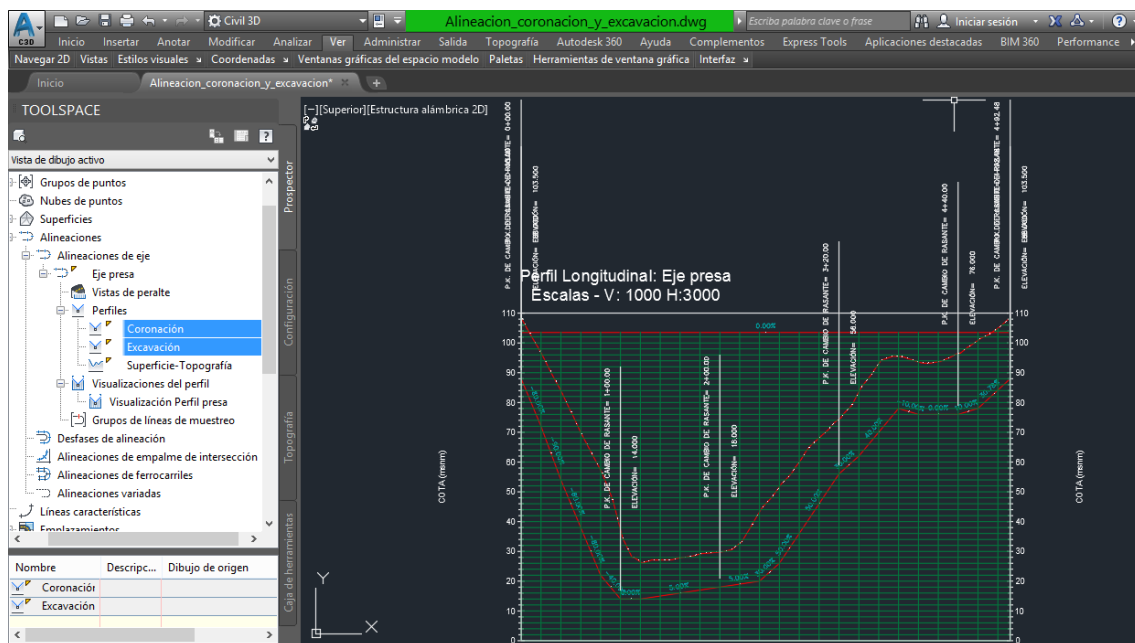


Ilustración 30: Alineación de la coronación y la excavación. Coronación y excavación

La *Coronación* será el perfil, dentro de la alineación *Eje presa*, que sirva de referencia para la obra lineal denominada posteriormente como *Presa*. Mientras que el perfil

Excavación se usará para referenciar la obra lineal *Excavación*.

7.3.Subensamblajes, Obra Lineal y Superficies.

7.3.1. Subensamblajes.

Para el modelado de los subensamblajes que se insertarán en Civil 3D se ha recurrido al software Subassembly Composer, una herramienta desarrollada para AutoCAD Civil 3D.

La interfaz de este programa se compone de varias ventanas que, por defecto, son las que se observan en la siguiente imagen.

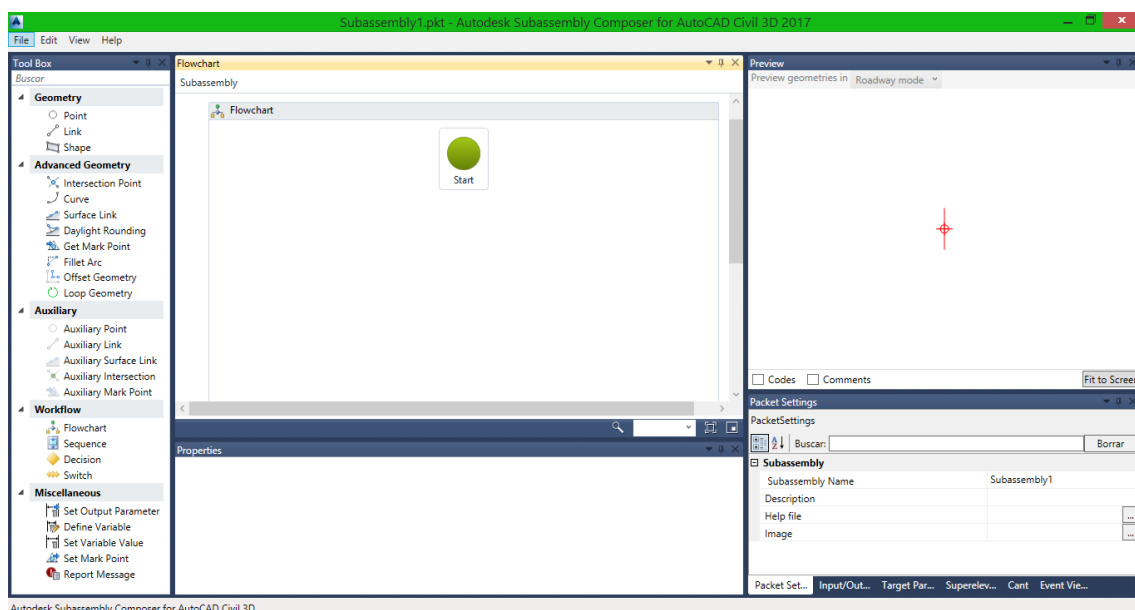
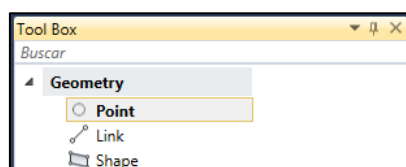


Ilustración 31: Espacio de trabajo de Subassembly Composer

La geometría se acomete a través de la ventana *Tool Box*, donde cabe destacar el apartado “Geometry”. En el modelado de los ensamblajes que se van a tratar basta con el empleo de este apartado, compuesto por:

- Point: punto
- Link: línea
- Shape: forma



La creación del ensamblaje se realiza arrastrando los elementos contenidos en *Tool Box* hasta la ventana *Flowchart*. Se parte desde el inicio o Start mediante puntos (point) y líneas (link). Las relaciones entre dichos puntos y líneas se realizan en la ventana *Properties*.

La ventana inferior izquierda cuenta con varias secciones. Las más generales y las que empleadas aquí empleadas son: *Packet Settings*, *Input/Output Parameters* y *Target Parameters*. Mientras que la primera consiste básicamente en el nombre con que entra el ensamblaje una vez insertado en Civil 3D, las otras dos permiten generar parámetros con los que crear la geometría del ensamblaje; es aconsejable emplear dichos parámetros porque basta con cambiar el valor en esta ventana para que lo hagan todos los elementos que se influyan por el mismo.

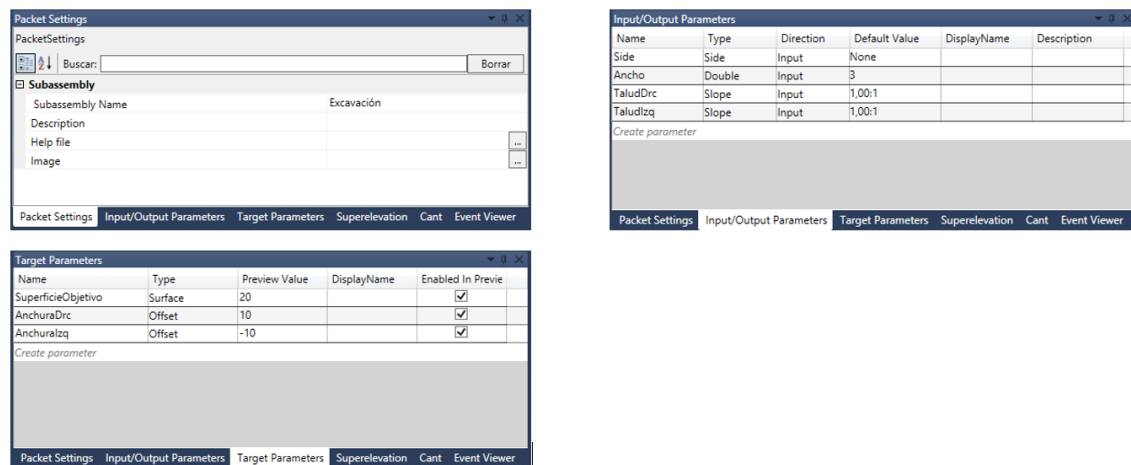


Ilustración 32: Parámetros del Subensamblaje Excavación.

Tanto los puntos como las líneas vienen definidos por unos parámetros que varían según el “Type” con que se vayan a modelar. Un elemento cerrado (shape), en cambio, viene definidos por las líneas que lo encierran

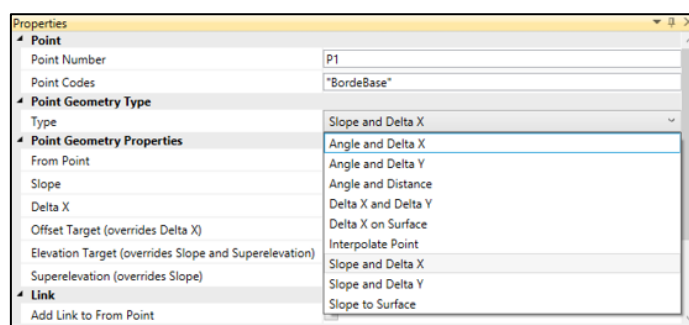


Ilustración 33: Posibles opciones de “Type”. Punto P1 del Subensamblaje Excavación

La ventana *Preview* muestra el subensamblaje a medida que se va realizando. A su vez, se puede seleccionar un elemento concreto y ver sus propiedades sin tener que recurrir a la ventana *Flowchart*.

Los subensamblajes que se generan son los siguientes: excavación, aliviadero y presa. El primero permite generar la base sobre la que asentará la presa a lo largo de la línea característica que define su eje:

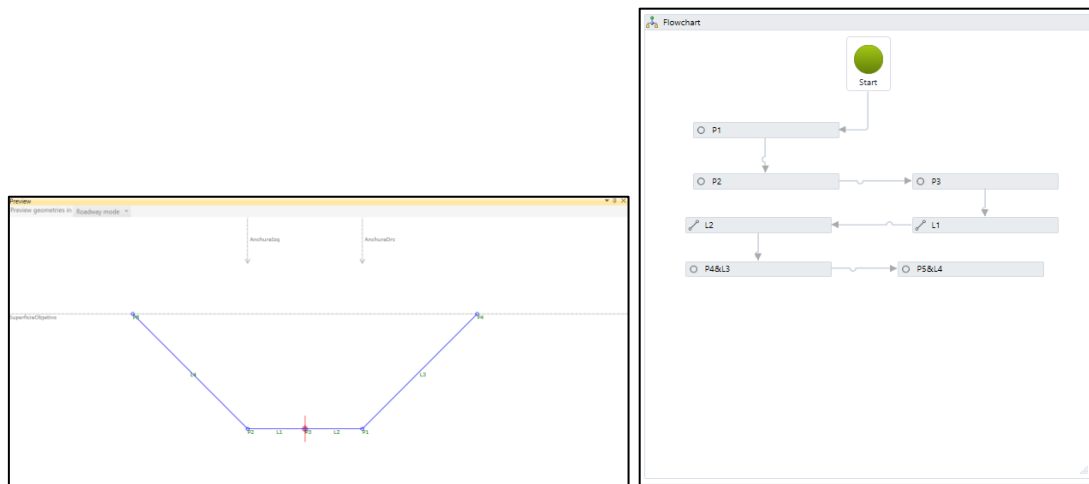


Ilustración 34: Subensamblajes. Subassembly Composer: Perfil y Flowchart excavación

El perfil aliviadero integra la parte de la presa que contiene los aliviaderos de labio fijo:

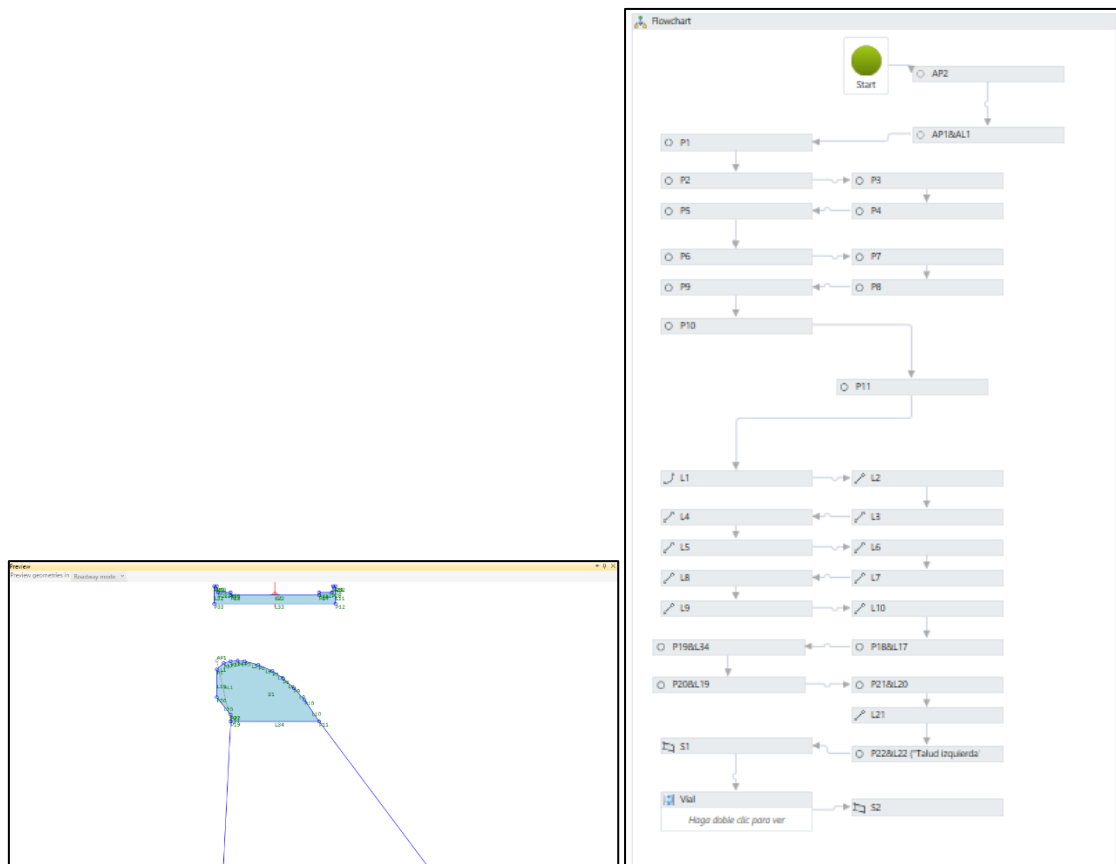


Ilustración 35: Subensamblajes. Subassembly Composer: Perfil y Flowchart aliviadero

El último perfil recoge la parte de la presa sin aliviaderos:

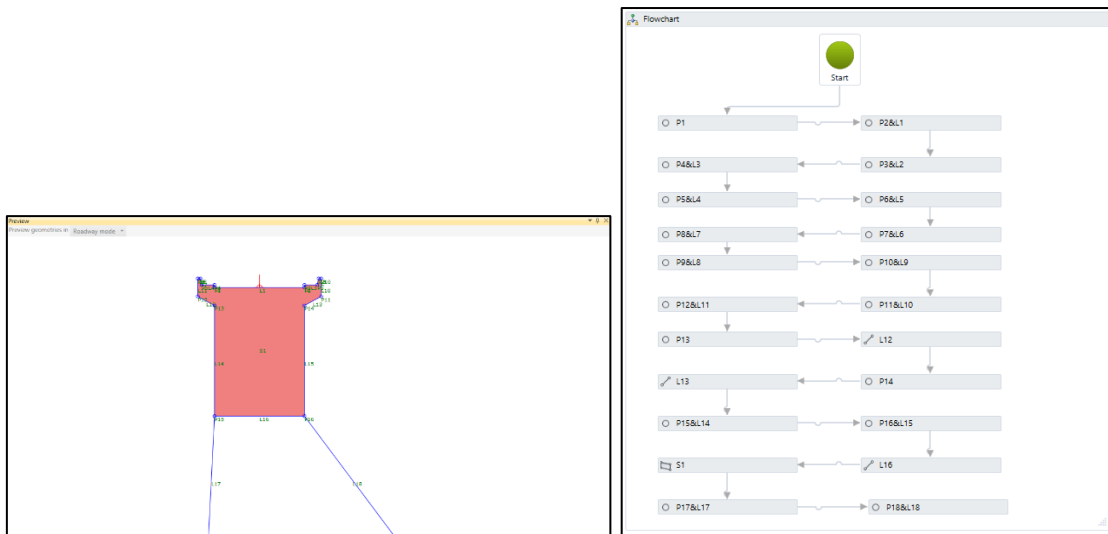


Ilustración 36: Subensamblajes. Subassembly Composer: Perfil y Flowchart Presa.

Los subensamblajes, de extensión *.pkt*, se importan directamente desde el directorio que los contiene. Se crean los ensamblajes: Excavación, Cuerpo_presa y Aliviadero_presa:

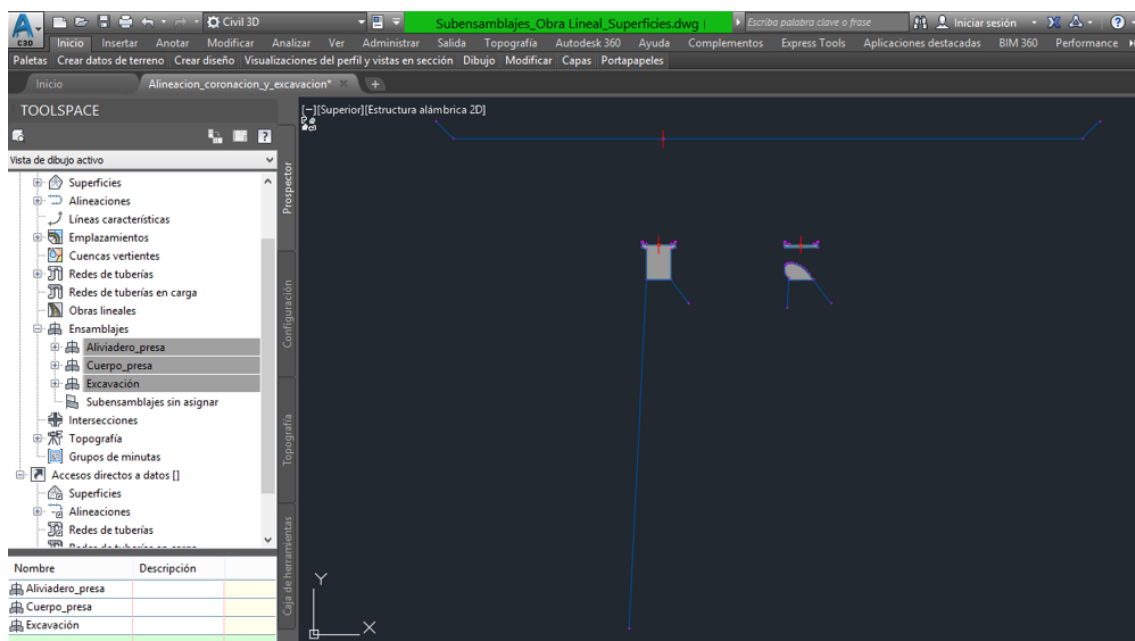


Ilustración 37: Subensamblajes. Subassemblies en Civil 3D

Observando el ensamblaje para la excavación, se aprecia que un lado es mayor que el otro. Esto se debe a que la presa presenta una mayor pendiente en su cara aguas arriba y menor en su cara aguas abajo. En consecuencia, el corte de la presa con la excavación da lugar a la necesidad de ampliar el ancho de actuación aguas abajo.

7.3.2. Obras lineales y Superficie Excavación.

A continuación, se crean las dos obras lineales que definen la presa. Por un lado, se tendrá la obra lineal *Excavación* y, por otro, la obra lineal *Presa*:

7.3.2.1. Excavación.

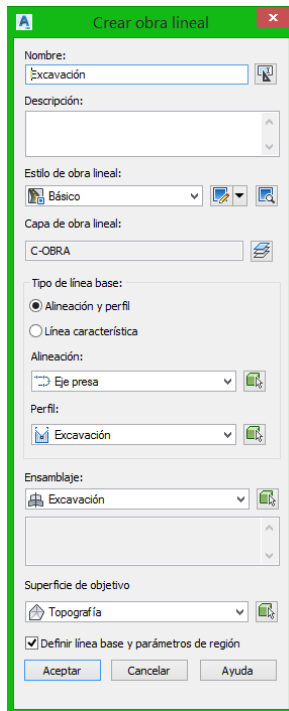


Ilustración 38: Excavación. Obra Lineal: Excavación (1)

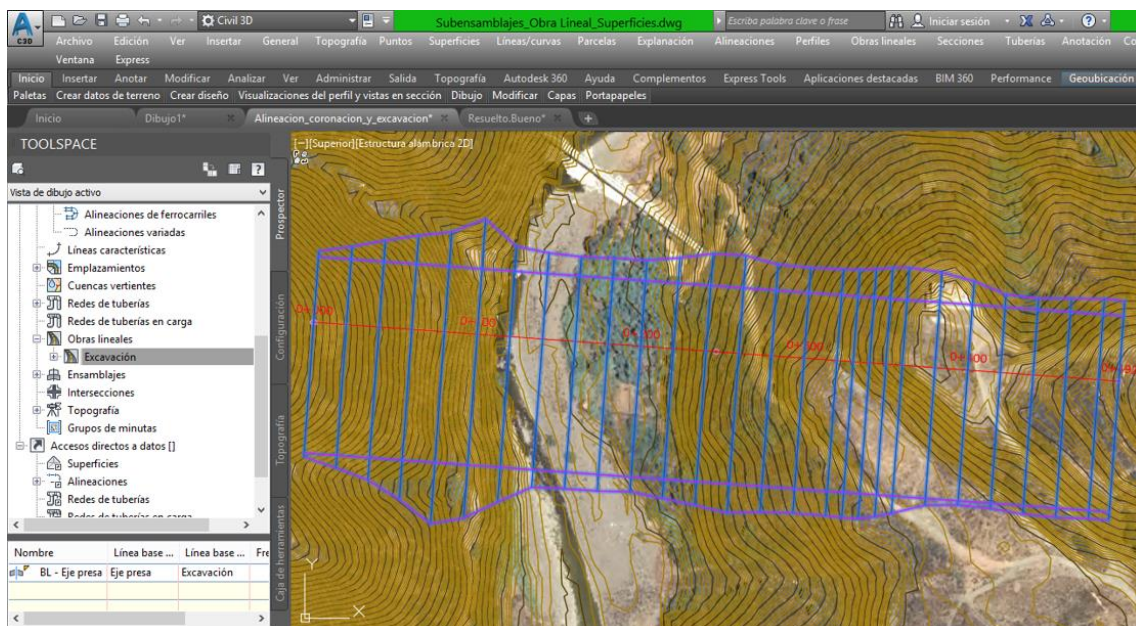


Ilustración 39: Excavación. Obra Lineal: Excavación (2)

Partiendo de esta obra lineal, se crea la superficie relativa a la excavación:

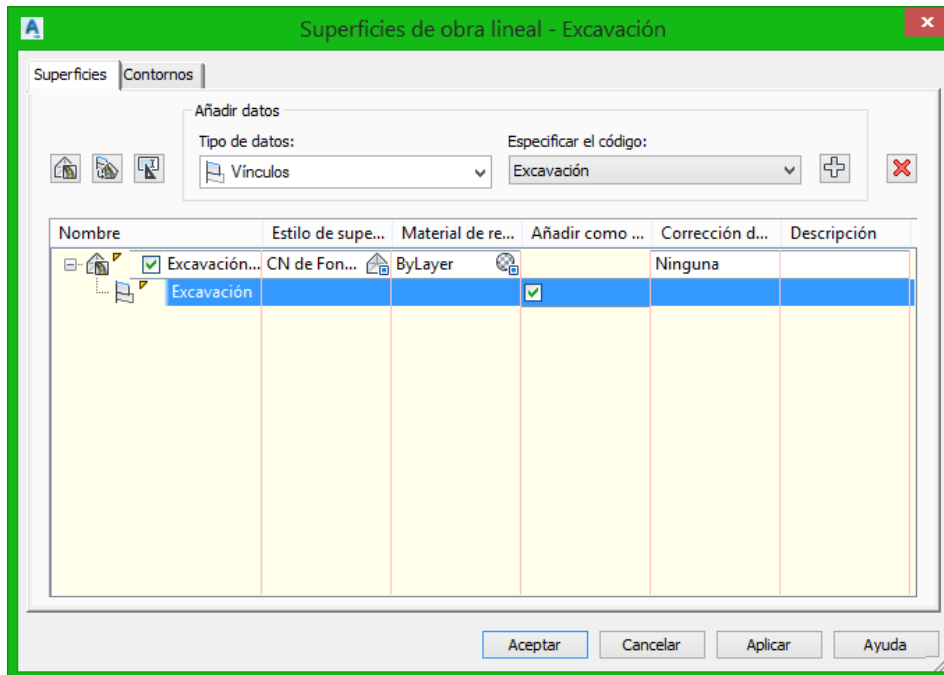


Ilustración 40: Excavación. Superficie excavación (1)

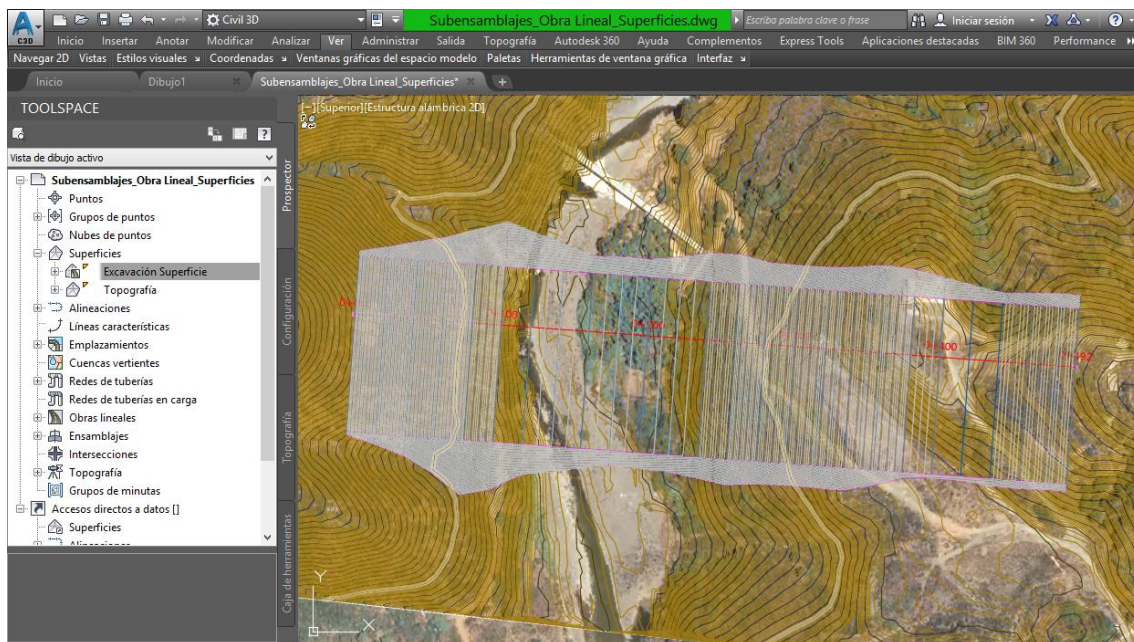


Ilustración 41: Excavación. Superficie excavación (2)

Generar la superficie *Excavación – Superficie* resulta necesario para la correcta definición de la presa dado que esta apoyará en la excavación realizada y no directamente en la superficie *Topografía*, al tratarse de un terreno irregular, al contrario que la nueva superficie que se acaba de crear.

7.3.2.2. Presa.

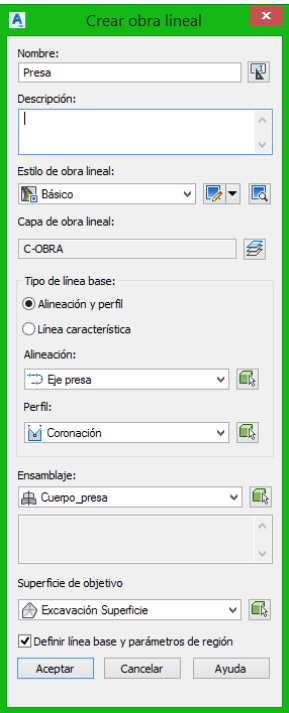


Ilustración 42: Presa. Obra Lineal Presa (1)

Ahora, en lugar de emplear un único ensamblaje, como ocurre en la obra lineal *Excavación*, se distingue entre los tramos que integran aliviadero y los que no:

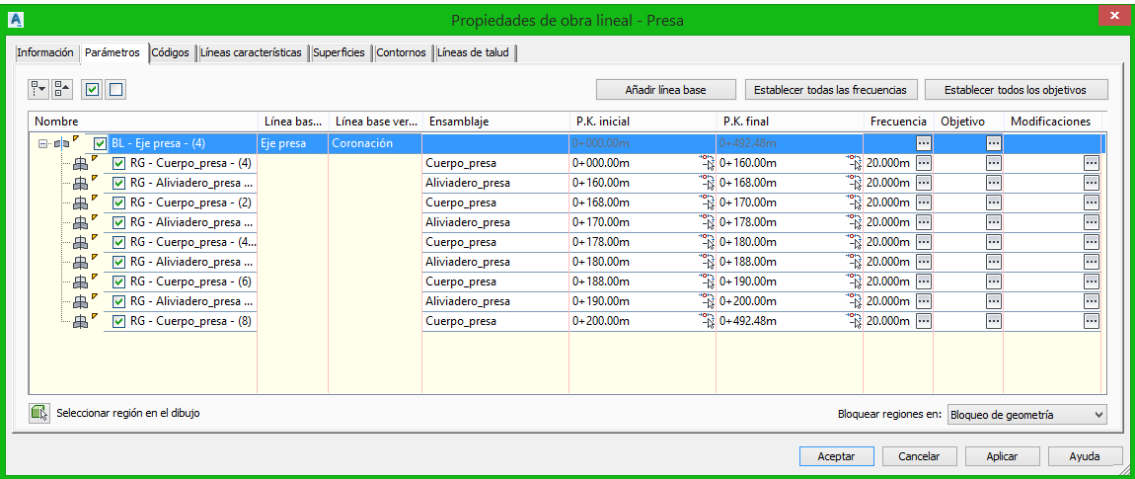


Ilustración 43: Presa. Obra Lineal Presa (2)

A su vez, dado que se inserta más de un ensamblaje para la misma obra resulta necesario indicar el objetivo sobre el cual se proyectará la misma. En caso contrario, se incurre en un error y la solución no será válida.

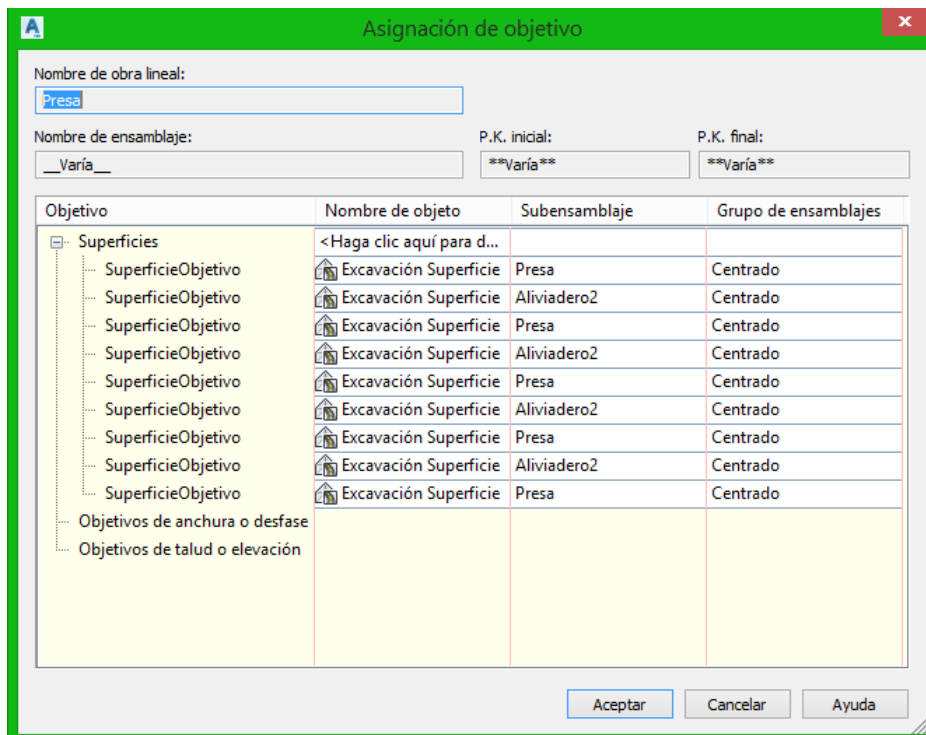


Ilustración 44: Presa. Obra Lineal Presa (3)

El resultado de la obra lineal es el que se aprecia en la siguiente ilustración. Como se puede observar, la obra lineal *Presas* apoya directamente sobre la superficie *Excavacion-Superficie*.

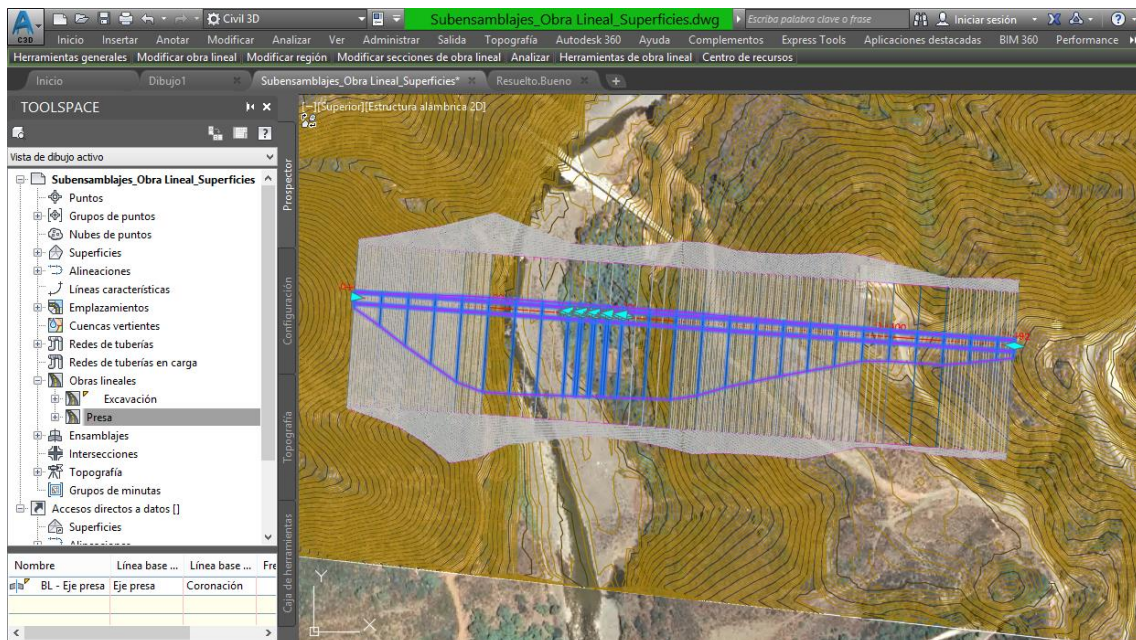


Ilustración 45: Presa. Obra Lineal Presa (4)

Para cerrar este apartado se puede redefinir la obra lineal *Excavación* tomando como

referencia las alineaciones aguas arriba y aguas debajo de la obra lineal *Presa*. Esto se debe a que la actual excavación abarca una superficie muy superior a la útil y ello incurre en un movimiento de tierra superior al necesario.

Se generan sendas alineaciones a partir de los límites de la presa:

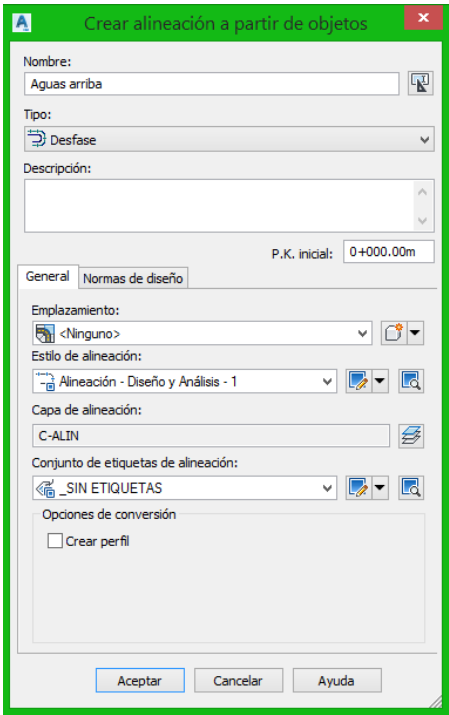


Ilustración 46: Subensamblajes, Obra Lineal y Superficies. Alineación aguas arriba

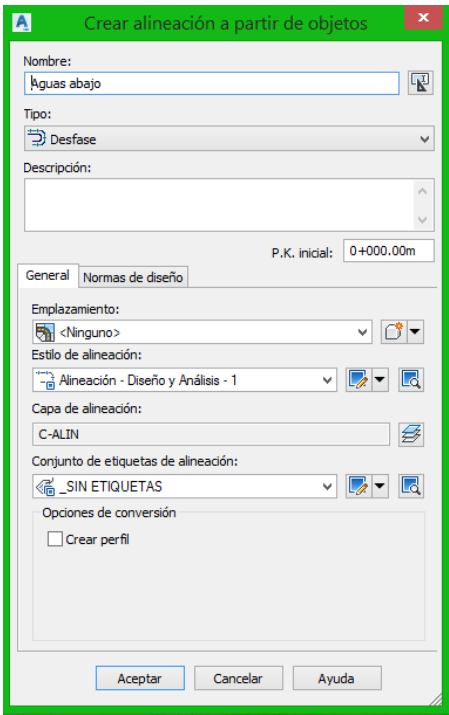


Ilustración 47: Subensamblajes, Obra Lineal y Superficies. Alineación aguas abajo

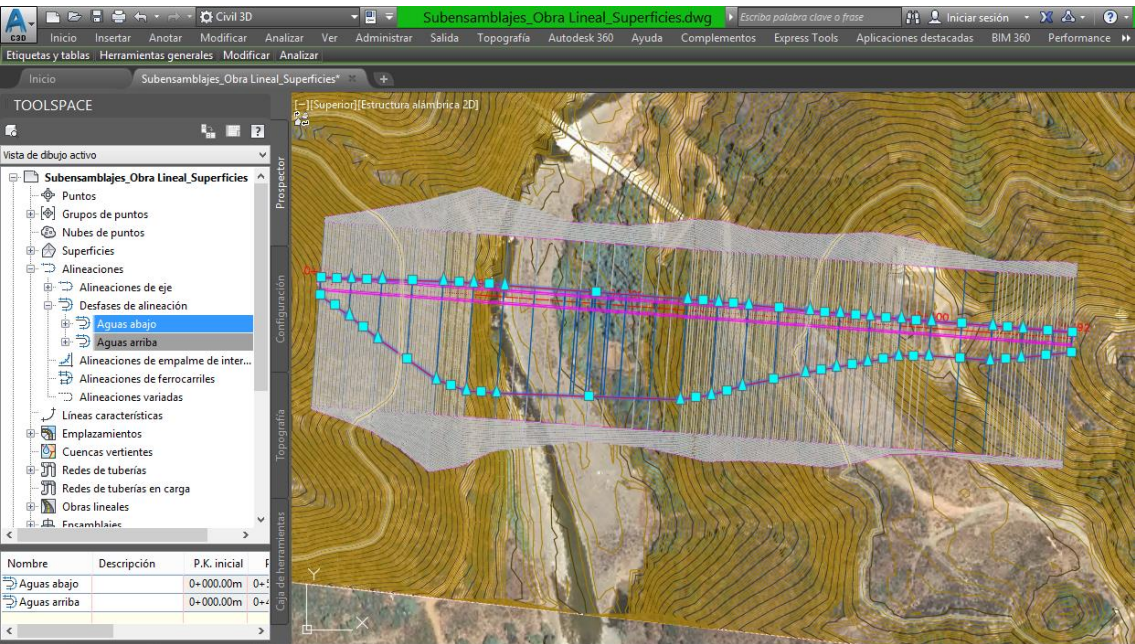


Ilustración 48: Subensamblajes, Obra Lineal y Superficies. Alineaciones de la presa

Tomando ambas alineaciones como “objetivos de anchura o desfase” para la obra lineal *Excavación*:

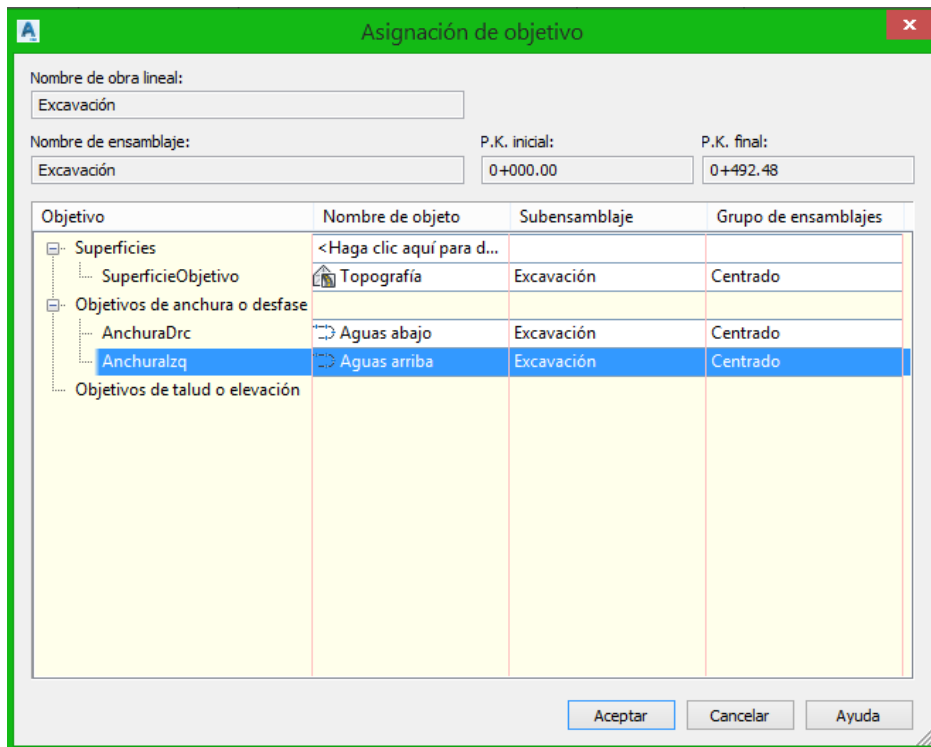


Ilustración 49: Subensamblajes, Obra Lineal y Superficies. Límites de la excavación

Tras regenerar la obra lineal *Presa* se llega a una solución más adecuada que la anterior dado que la superficie a excavar será sólo la acorde con la presa y el talud de sus caras aguas arriba y aguas abajo.

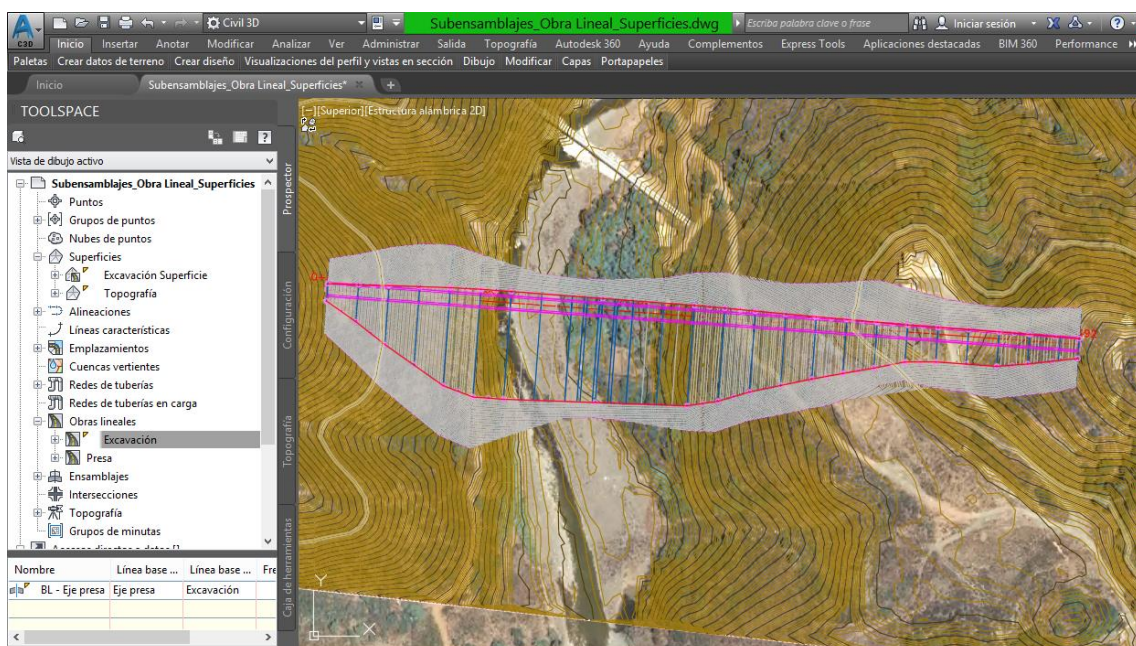


Ilustración 50: Subensamblajes, Obra Lineal y Superficies. Obras lineales redefinidas

7.3.3. Superficie Presa.

Al contrario que con la superficie *Excavación*, la superficie *Presa* merece un “trato especial” debido a que los ensamblajes empleados para modelar la obra lineal que definen el cuerpo de la presa se han insertado a partir de los modelos originados con el programa Subassembly Composer. Estos ensamblajes dan lugar a la necesidad de modelar la superficie de la presa en dos partes.

La primera parte del modelado de la presa es igual al seguido en el caso de la superficie para la excavación.

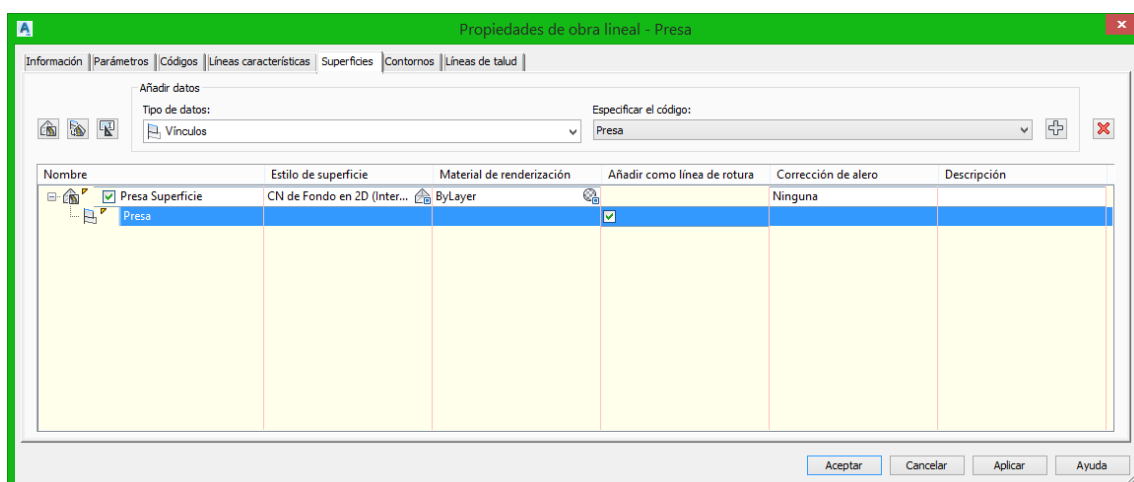


Ilustración 51: Superficie Presa. Presa (1)

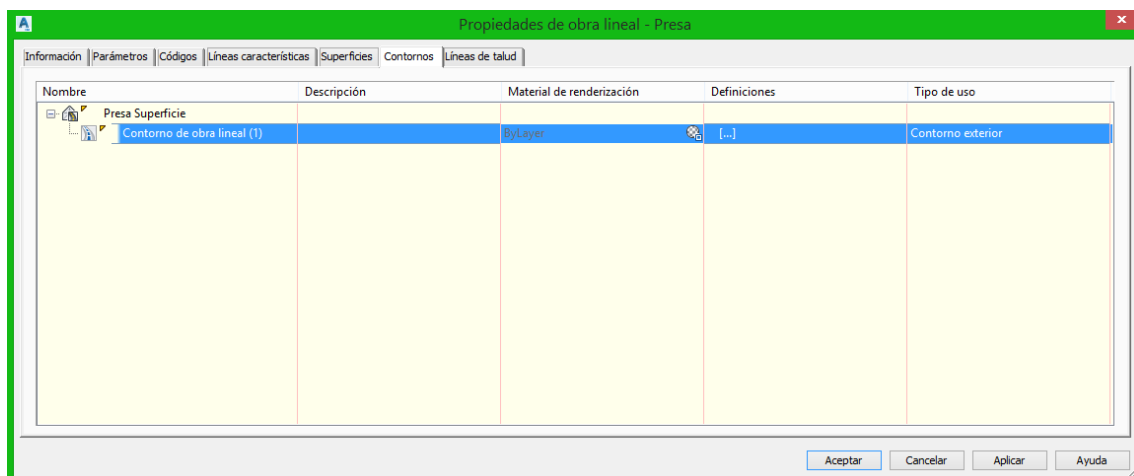


Ilustración 52: Superficie Presa. Presa (2)

El resultado, en perspectiva, es el siguiente:

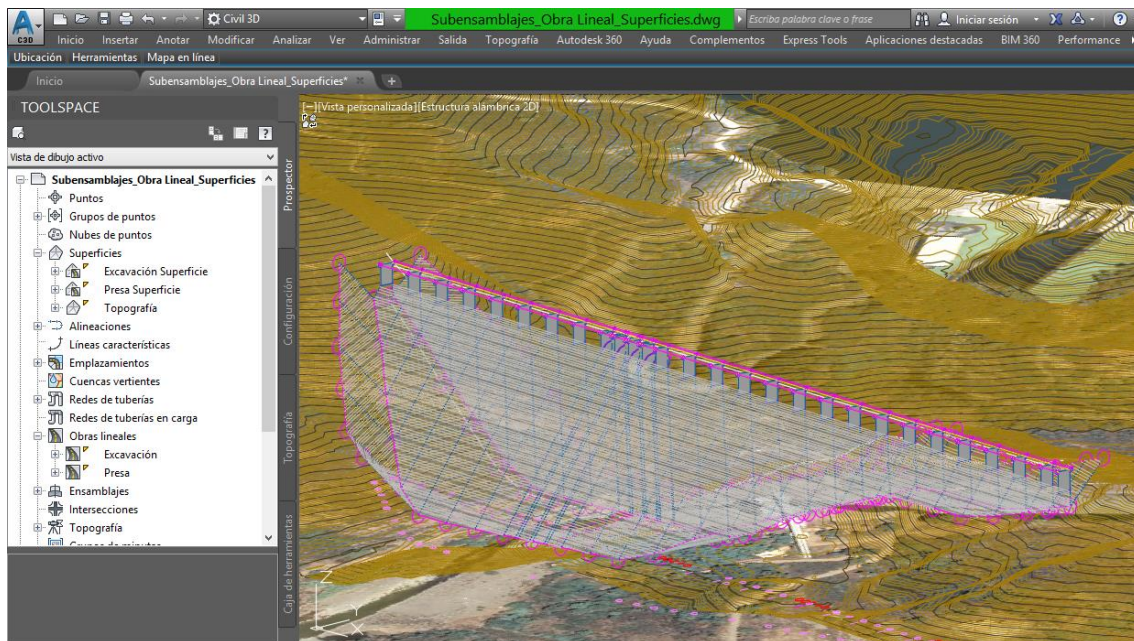


Ilustración 53: Superficie Presa. Presa apoyada sobre la excavación

Como se ha comentado, se tiene que la presa, modelada siguiendo el mismo método que para generar la superficie *Excavación-Superficie*, sólo se integra por la parte de la presa que presenta pendiente. Esto se debe a que los modelos realizados con el software Subassembly Composer se componen de dos partes. Por un lado, la parte coloreada (elemento superficie) y, por otro lado, las líneas que van hasta la superficie objetivo (líneas a superficie objetivo).

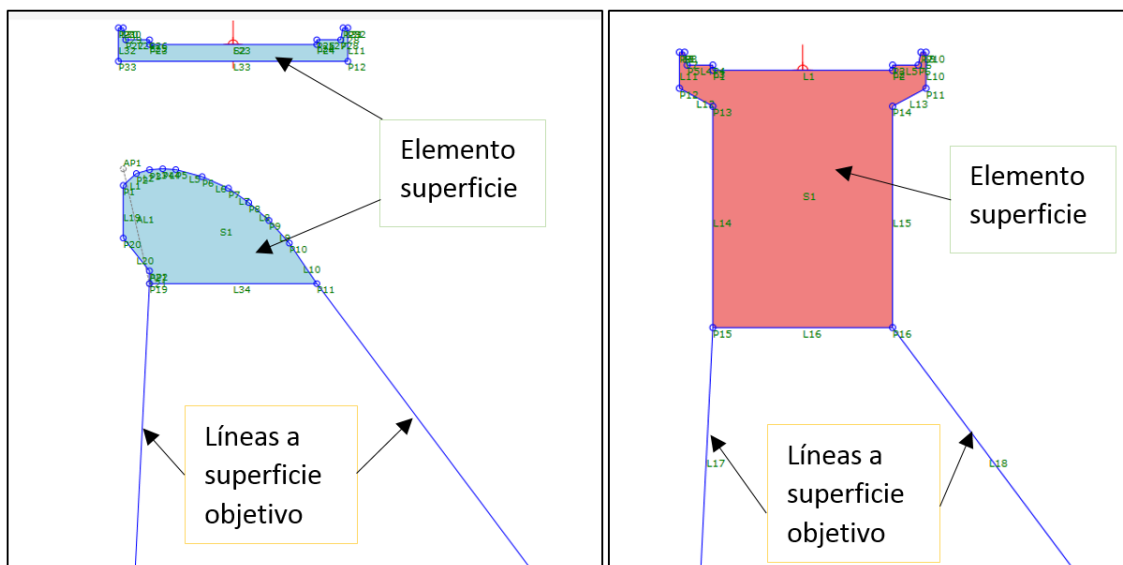


Ilustración 54: Superficie Presa. Ensamblajes de la presa

De esta forma, la superficie *Presa* que se contempla en la anterior sólo recoge la superficie generada por las líneas que van hasta la superficie objetivo y se desprecian los “elemento superficie”. Esto da lugar a la adición de estos elementos de manera manual.

Como comentario adicional, en lo referente al diseño seguido para el estilo, tanto en la vista “modelo” como en la vista “planta”, de las superficies de la presa y la excavación se ha seguido el formato:

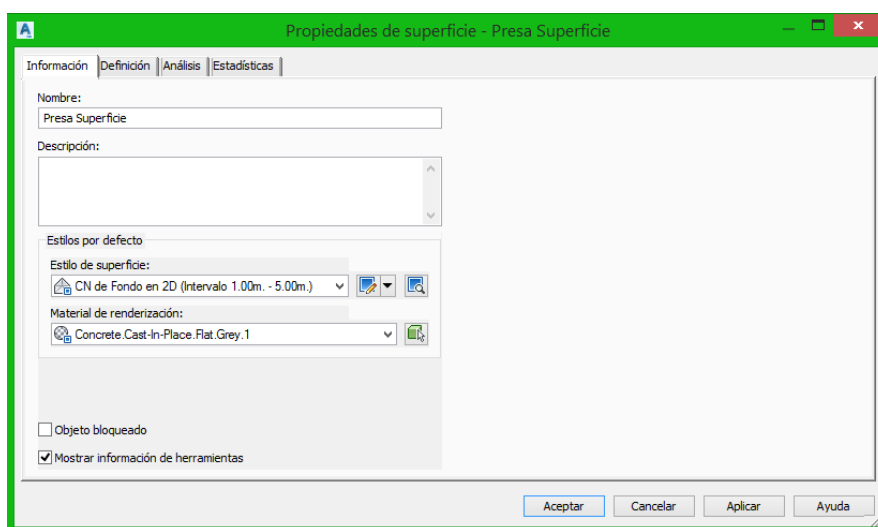


Ilustración 55: Subensamblajes, Obra Lineal y Superficies. Propiedades de superficie Presa - Superficie

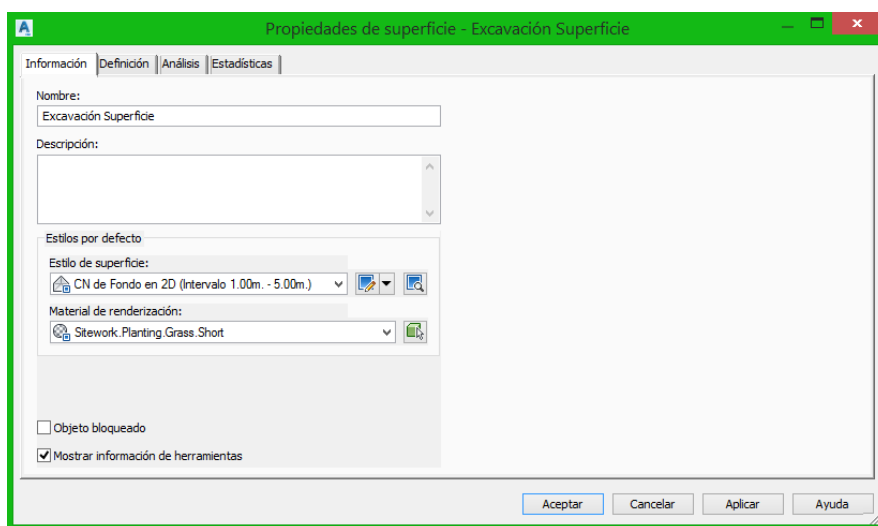


Ilustración 56: Subensamblajes, Obra Lineal y Superficies. Propiedades Excavación - Superficie

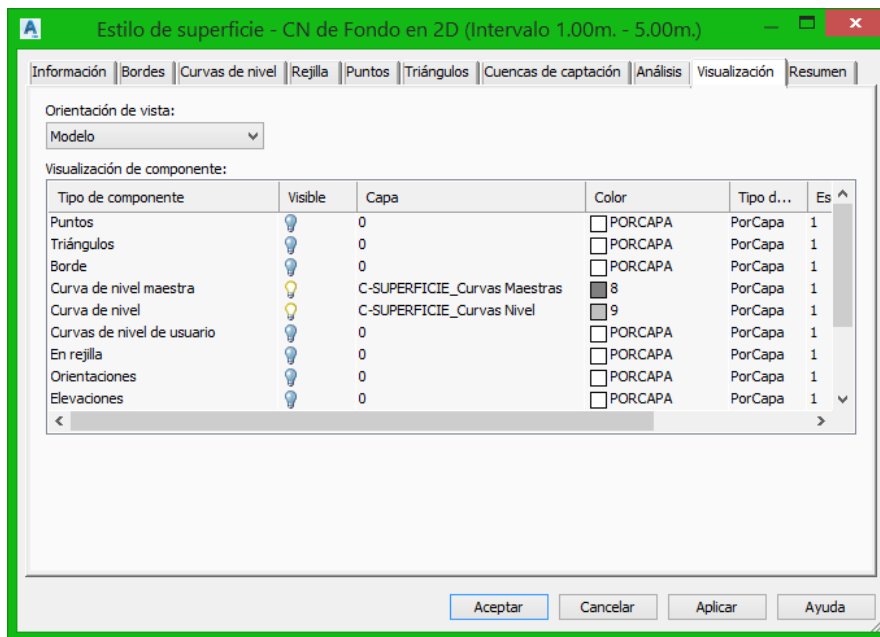


Ilustración 57: Superficie Presa. Estilo de Superficie CN de Fondo en 2D (Intervalo 1-5 m)

Volviendo al modelado, para generar los “elemento superficie”, de ahora en adelante “elementos de la cresta”, se procede de dos formas complementarias. Por un lado, se tiene la parte de la cresta que no engloba aliviaderos. Su modelado se realiza con la función *Solevación* la cual permite generar un sólido 3D. Por otro lado, para modelar la cresta que sí contiene aliviaderos se procede con la función *Extrusión*.

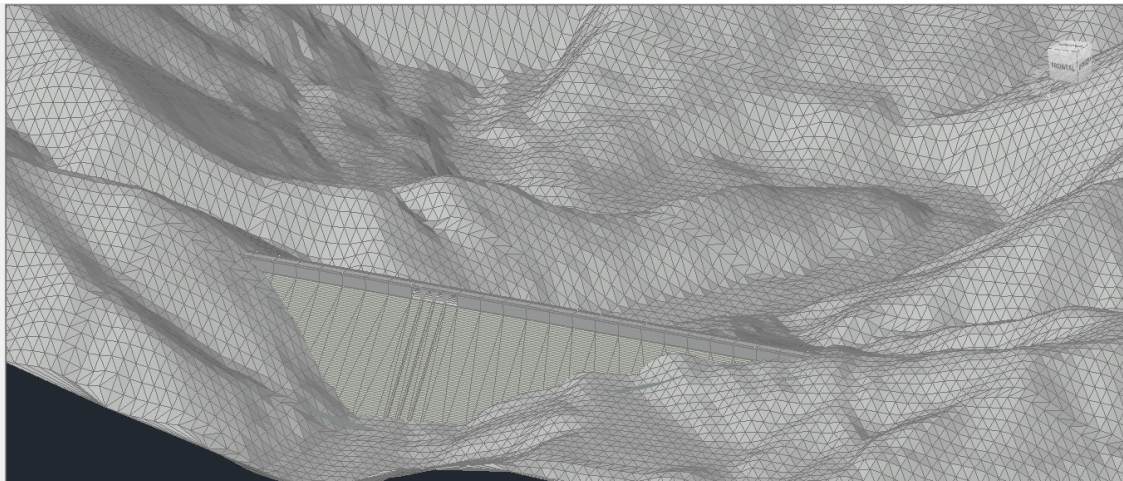


Ilustración 58: Superficie Presa. Vista aguas abajo

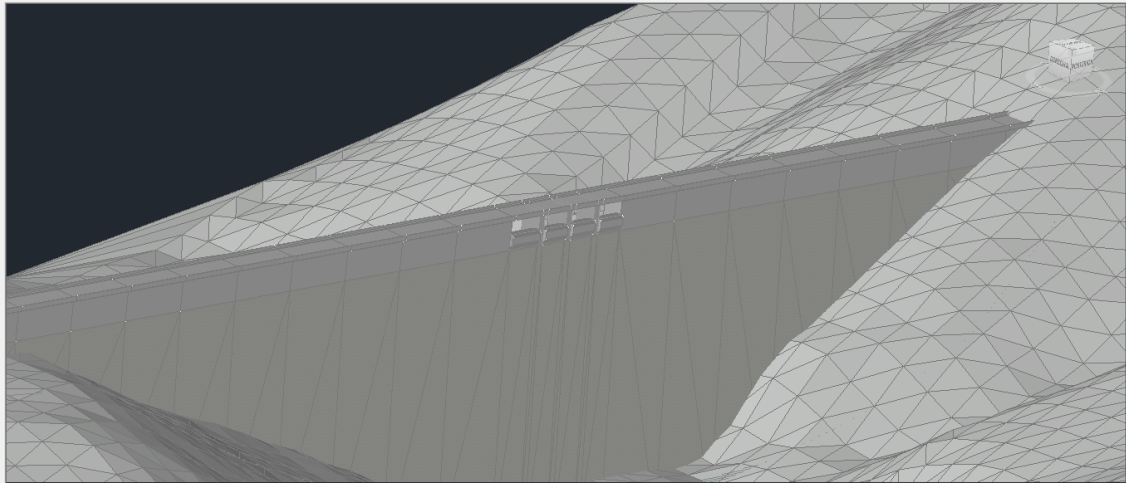


Ilustración 59: Superficie Presa. Vista aguas arriba

Estas acciones permiten la creación gráfica de la cresta, pero no se puede computar su movimiento de volúmenes de igual forma que con el resto de la presa ya que, al tratarse de elementos sólidos 3D (solevación) y elementos superficie (extrusión), no se pueden estudiar como la superficie de la presa o del movimiento de tierra. Los volúmenes de los elementos de la cresta, al tratarse de una geometría relativamente sencilla, se añadirán de forma manual.

8. MODELADO DEL CAMINO DE ACCESO A LA PRESA.

8.1. Alineación y elementos de apoyo.

8.1.1. Material de apoyo.

Esta parte del modelo arranca con la inserción de la autovía A-7176, como elemento complementario a la información gráfica ya disponible, que pasa junto a la presa. Dicha alineación se obtiene directamente desde la Base Cartográfica de Andalucía, en formato DWG, relativo al cuadrante de interés “20160125_BCA_BASIC0_DWG_30106534”.

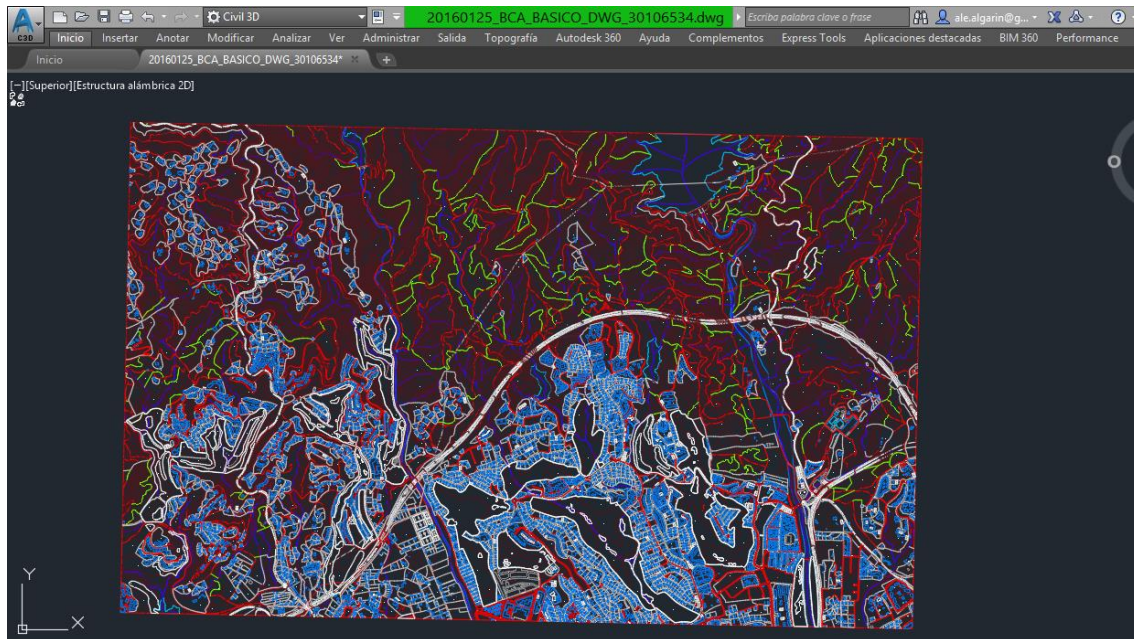


Ilustración 60: Elementos de apoyo. Base Cartográfica de Andalucía [20160125_BCA_BASIC0_DWG_30106534]

Este elemento junto a la visualización directa de la carretera a través de las imágenes ráster, que ya se encuentran añadidas al plano, permite definir la alineación del camino de acceso a la presa y su unión con la autovía a través de una rotonda cercana.

8.1.2. Alineación.

La alineación del camino a la presa *Alineación_camino* presenta el siguiente trazado:

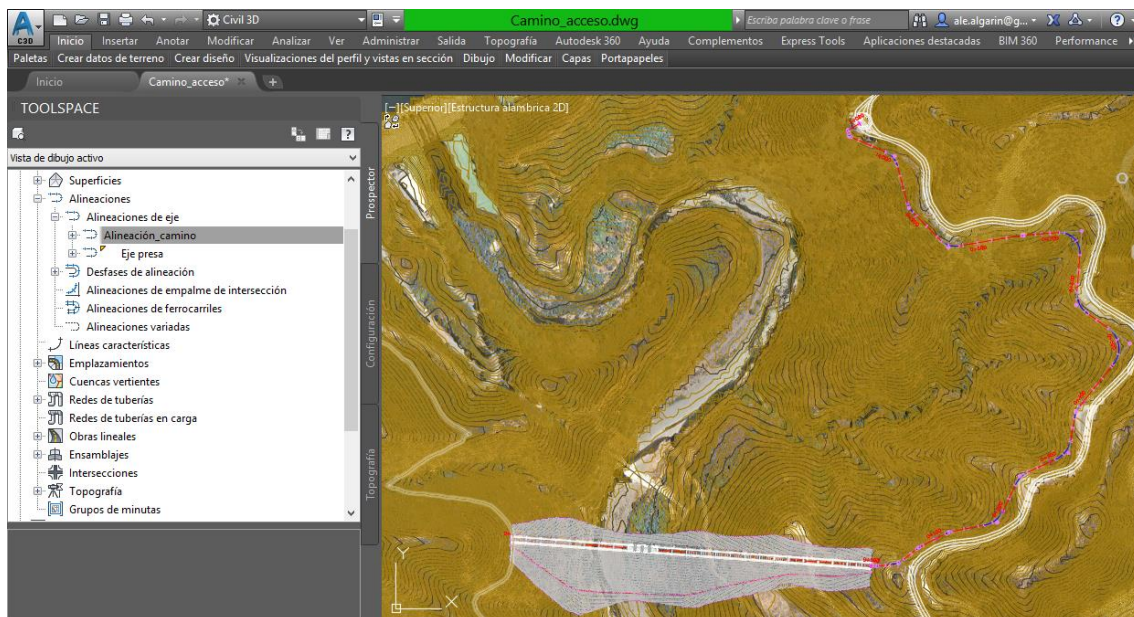


Ilustración 61: Alineación_camino

A partir de la alineación creada, se genera el perfil del terreno relativo a dicha alineación y se traza el eje del camino de acceso. Bajo las condiciones de la topografía, la pendiente del camino proyectado es de un 4.66 %:

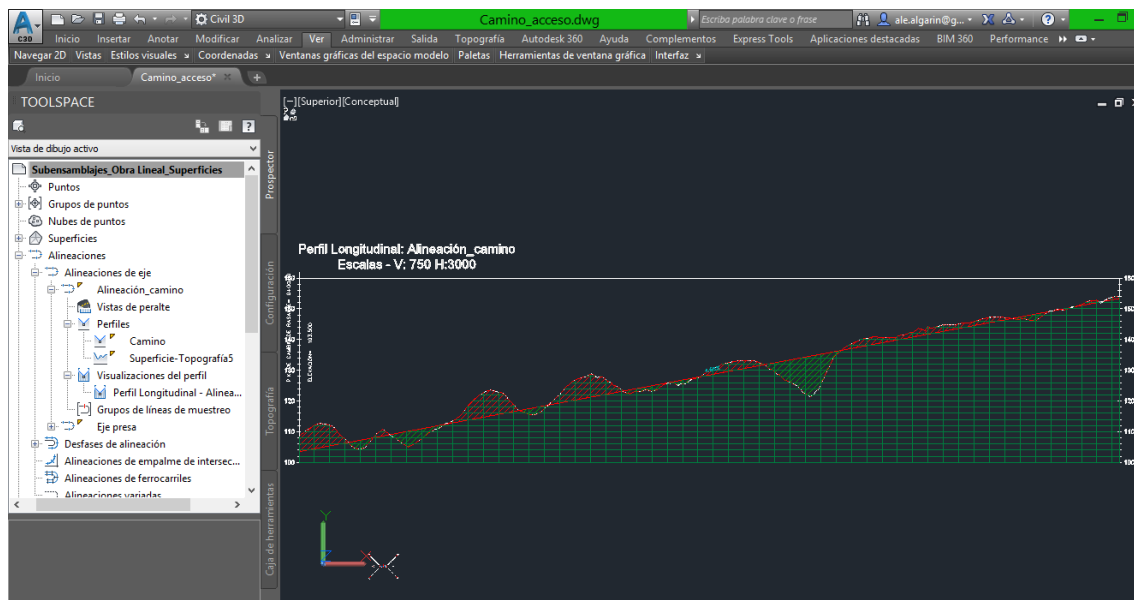


Ilustración 62: Modelado camino de acceso. Perfil longitudinal: Camino

En esta ilustración se puede observar que la alineación proyectada cuenta con una única pendiente emplazada en terreno de aportación (terraplén) y tramos en los que resulta necesario eliminar terreno (desmonte). La pendiente del camino se considera válida ya que el acceso no precisa de un estudio exhaustivo ni de unos requisitos tan elevados como sí ocurriría con una obra del tipo autovía o autopista. Estimando una pendiente media máxima del 10% se comprueba que se cumple este requisito sobradamente.

8.2.Subensamblajes, Obra Lineal y Superficies.

8.2.1. Subensamblajes.

Se procede a crear el ensamblaje *Camino*. Para ello se parte del ensamblaje “Carril Básico” y se le dota de pendiente nula y ancho de carril igual al de la presa, o sea, 3.5m. El segundo elemento del que se compone el camino es el ensamblaje “Pendiente Talud Cuneta Desmonte Básica”, con los parámetros de la posterior:

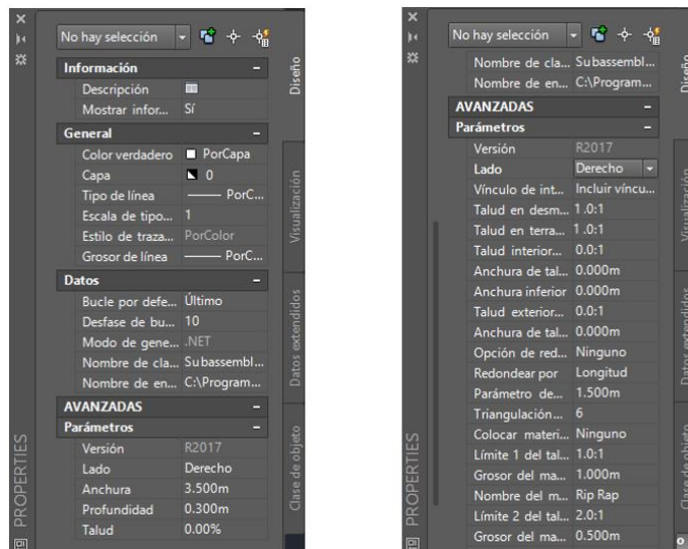


Ilustración 63: Subensamblajes. “CarrilBásico” y “PendienteTaludCunetaDesmonteBásica”

El resultado es el siguiente ensamblaje, denominado Camino, compuesto por dos subensamblajes a cada lado de la alineación:

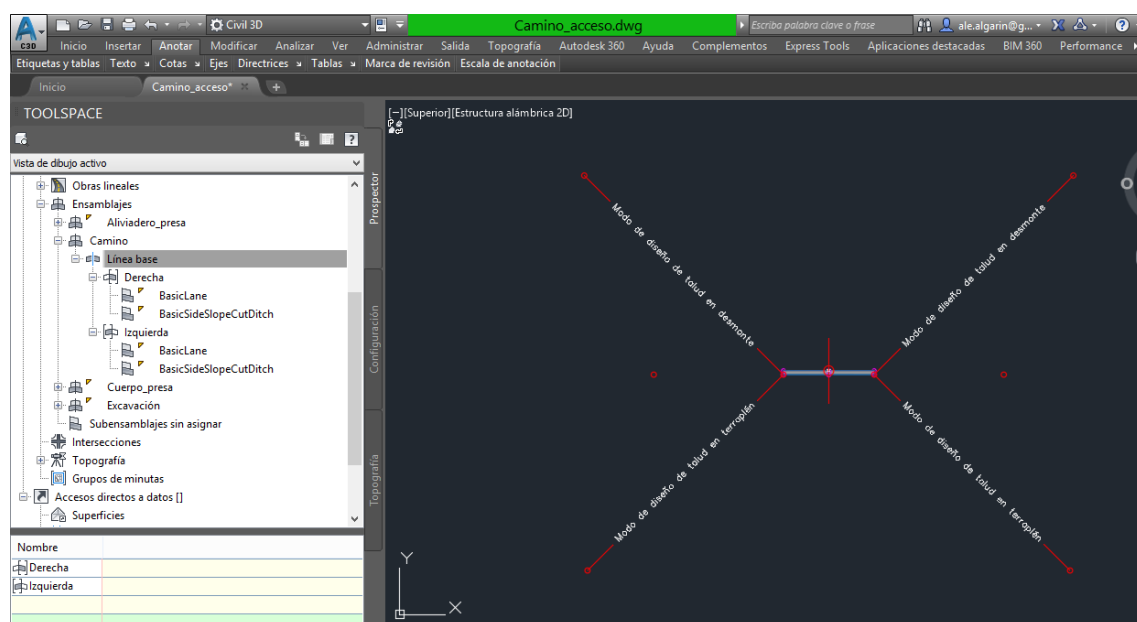
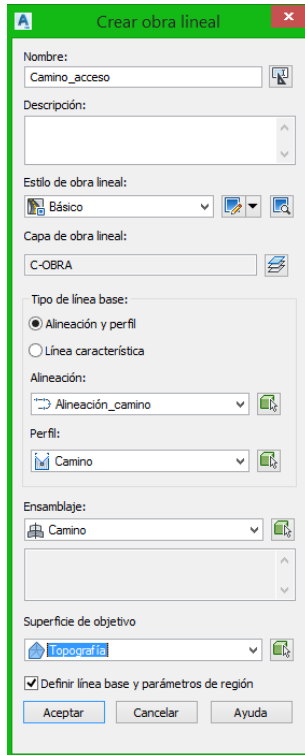


Ilustración 64: Subensamblajes. Subensamblaje del camino de acceso

Quedando completamente definido el ensamblaje, se procede con la creación de la obra lineal.

8.2.2. Obra lineal.

Esta obra toma como alineación la *Alineación_camino* del perfil *Camino*. El ensamblaje empleado es el que se observa en la ilustración anterior y todo ello se proyecta sobre la superficie objetivo *Topografía*.



Crear obra lineal

Nombre: Camino_acceso

Descripción:

Estilo de obra lineal: Básico

Capa de obra lineal: C-OBRA

Tipo de línea base:
☒ Alineación y perfil
☐ Línea característica

Alineación: Alineación_camino

Perfil: Camino

Ensamblaje: Camino

Superficie de objetivo: Topografía

☒ Definir línea base y parámetros de región

Aceptar Cancelar Ayuda

Ilustración 65: Obra lineal. Camino

El resultado, tras ajustar la obra de forma que no produzca afección a la autovía, es el siguiente:

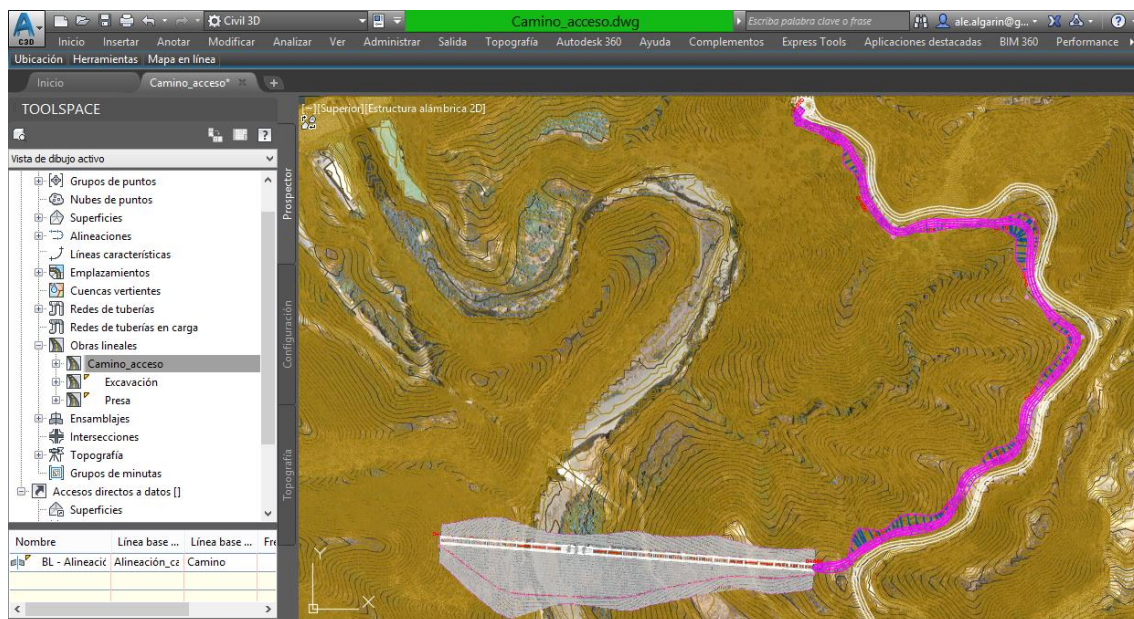


Ilustración 66: Obra lineal "Camino_acceso"

8.2.3. Superficie de Obra Lineal.

Los parámetros que permiten la correcta definición de la superficie de obra lineal del camino de acceso, de forma similar al caso de la superficie de obra lineal de la excavación o de la presa, se computan de forma similar:

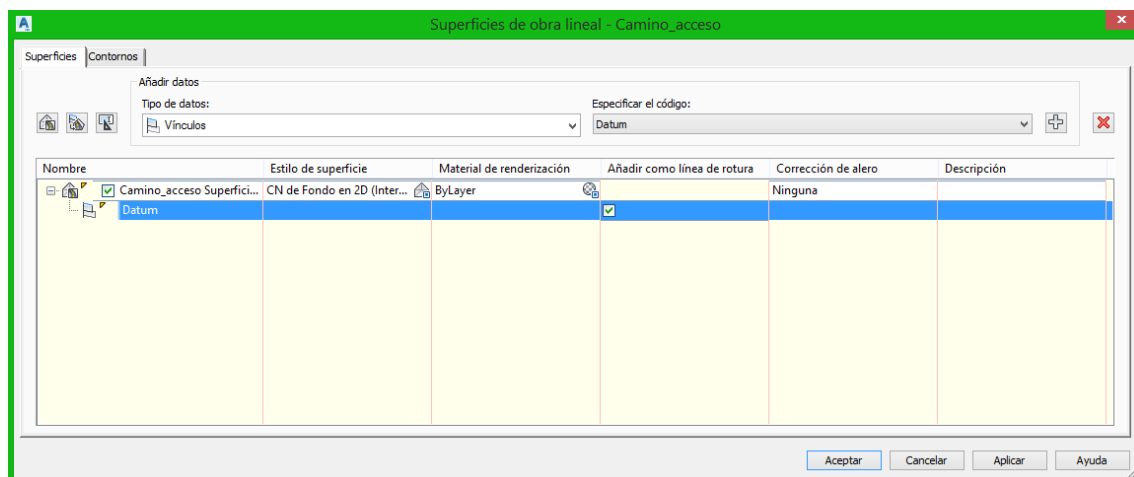


Ilustración 67: Superficie de Obra Lineal. Parámetros "Superficies"

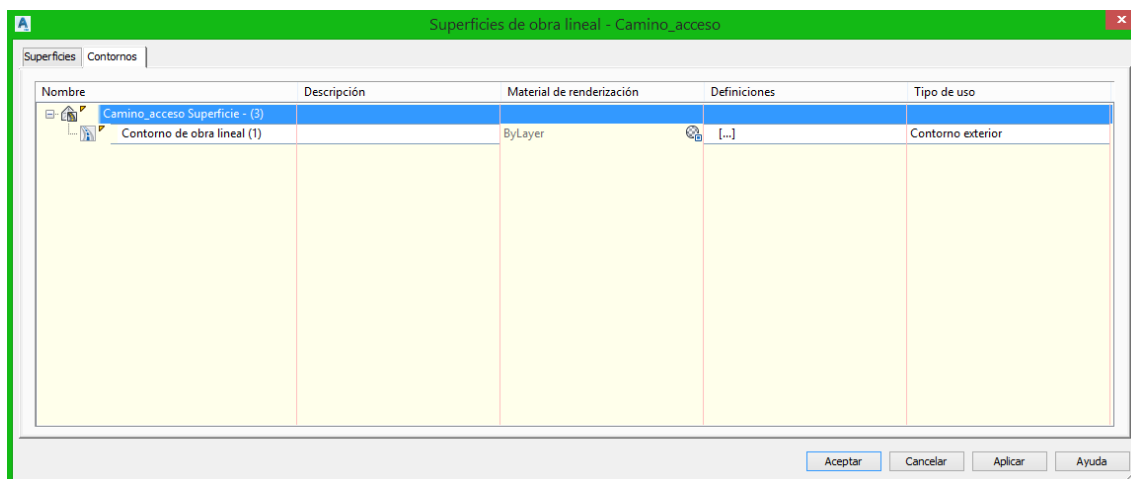


Ilustración 68: Superficie de Obra Lineal. Parámetros "Contornos"

El resultado de la operación anterior arroja la siguiente superficie de obra lineal para el camino de acceso a obra. Este, como se puede observar, abarca desde la rotonda hasta el inicio de la presa. El trazado de la obra se realiza de forma similar al de la autovía cercana, pero sin que se produzca una afección por el desmonte o el terraplén en la construcción de la superficie.

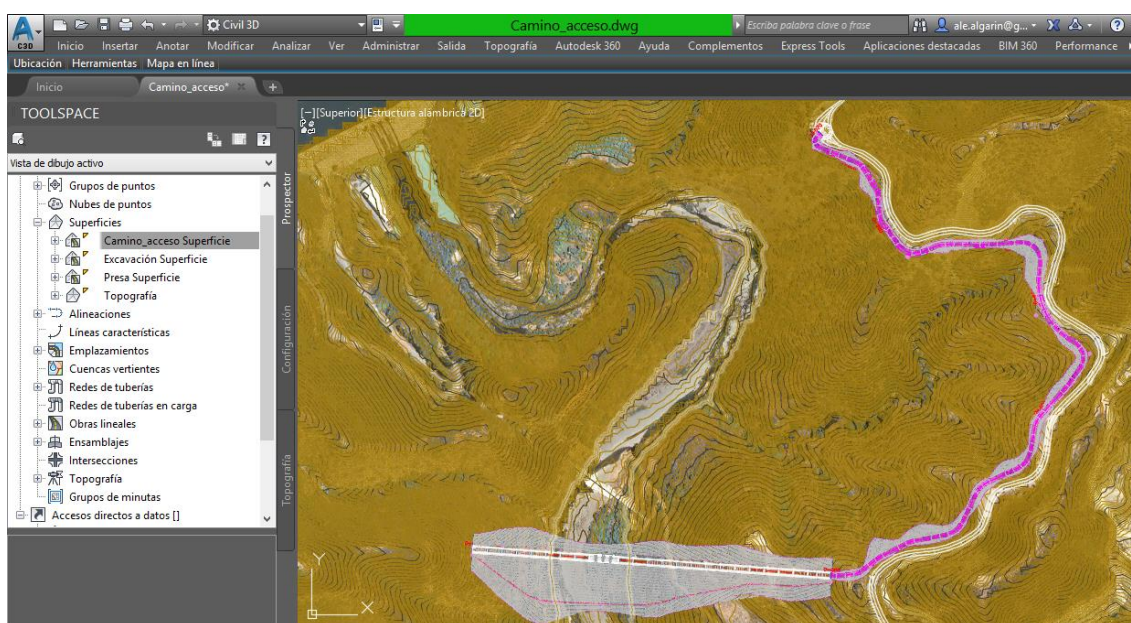


Ilustración 69: Superficie de Obra Lineal. Resultado

Finalizado este apartado implica tener totalmente diseñados tanto la presa como el camino de acceso a la misma. No obstante, para dar un toque más realista, se proyectará un último elemento en el extremo opuesto del contacto presa-camino. Este elemento no es más que una explanación directamente ejecutada sobre el terreno a modo de superficie para

facilitar el cambio de sentido en el caso en que un vehículo atravesase la coronación de la presa. El elemento se modela como se verá a continuación bajo el nombre de *Modelado de la explanación complementaria*.

9. MODELADO DE LA EXPLANACIÓN COMPLEMENTARIA.

La explanación complementaria servirá como superficie que permita a los vehículos que circulen sobre la presa realizar un cambio de sentido. Consistirá en una explanación en forma de semicírculo y quedará proyectado en el extremo de la presa contrario al camino de acceso.

Al tratarse de una obra de desmonte y terraplén sólo se precisa de la definición de una línea característica y de un grupo de explanación.

9.1. Línea característica de la explanación.

La siguiente alineación permite generar una explanación con una longitud de 52,71 m y un área aproximada de 218 m². Esta se introduce como una línea característica a partir de objetos siendo el objeto una polilínea con la forma de la ilustración siguiente:

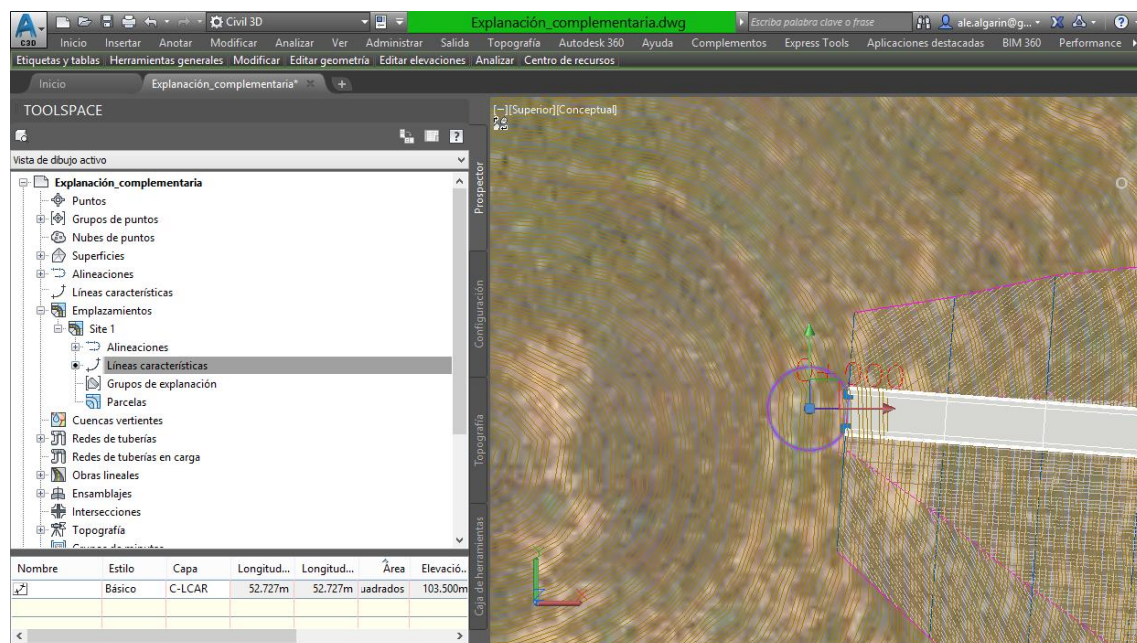


Ilustración 70: Alineación de la explanación

9.2. Superficie de la explanación.

Para generar la superficie desmonte-terraplén que origina la explanación delimitada por la línea característica anterior se recurre a la *Herramienta de creación de explanación*. Como hasta ahora, todas las superficies generadas, adicionales a la *Topografía*, se generan sobre la superficie *Topografía*.

Una vez definida la superficie de referencia, se selecciona la característica de la explanación y se imponen unas pendientes 2:1 para el desmonte y 2:1 para la explanación.

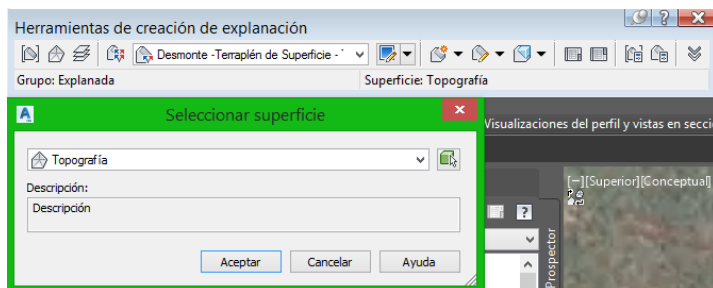


Ilustración 71: Superficie de la explanación. Herramientas de creación de explanación

El resultado es la superficie *Explanada* que presenta la forma que se observa a continuación:

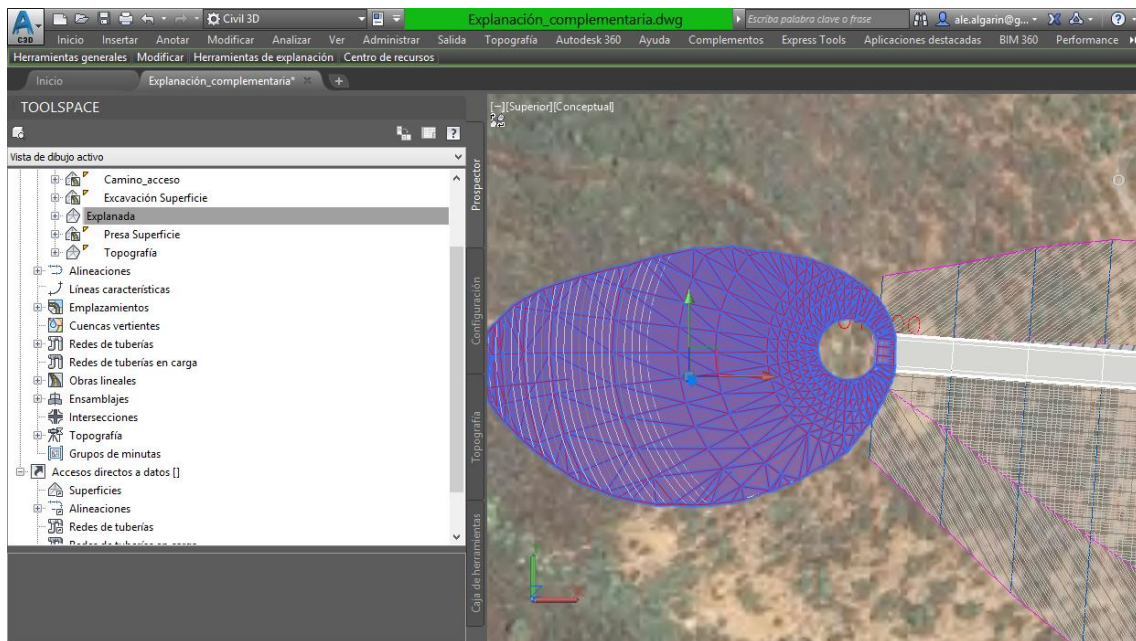


Ilustración 72: Superficie de la explanación. Superficie "Explanada"

10. UNIÓN DEL MODELO COMPLETO DE CIVIL 3D.

Hasta el momento se ha obtenido los modelos de la presa, el camino de acceso y explanación. No obstante, y pese a quedar definidos los modelos con totalidad, es necesario redefinir la superficie *Topografía* con las superficies generadas en los modelos mencionados. Esta acción permite generar la topografía que tendrá el terreno tras la ejecución de la obra y poder completar el modelado.

La topografía solución recibe el nombre de *Topografía_resultante*. Se genera a partir de una superficie vacía TIN:

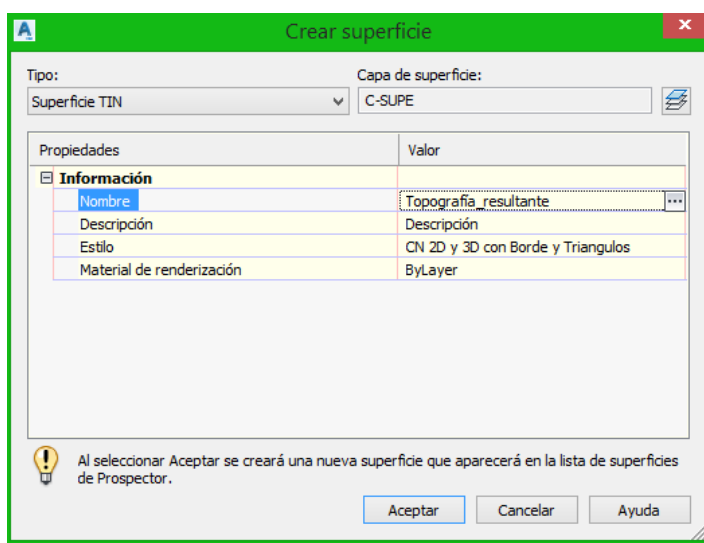


Ilustración 73: Unión del modelo completo de civil 3D. Generación nueva superficie TIN

Sobre esta superficie vacía se pegan las superficies *Topografía*, *Excavación Superficie*, *Camino_acceso* y *Explanada*. Tras cada inserción se va modelando la superficie base *Topografía* (la primera en ser añadida) hasta tomar la forma final que tendrá la obra tras su completa ejecución.

En la siguiente ilustración se puede observar el resultado de añadir sobre la superficie vacía las superficies *Topografía* y *Excavación Superficie*. Básicamente lo que se genera es el vaciado sobre el terreno debido a la excavación para poder proyectar la obra sobre un terreno con pendiente regular y continua.

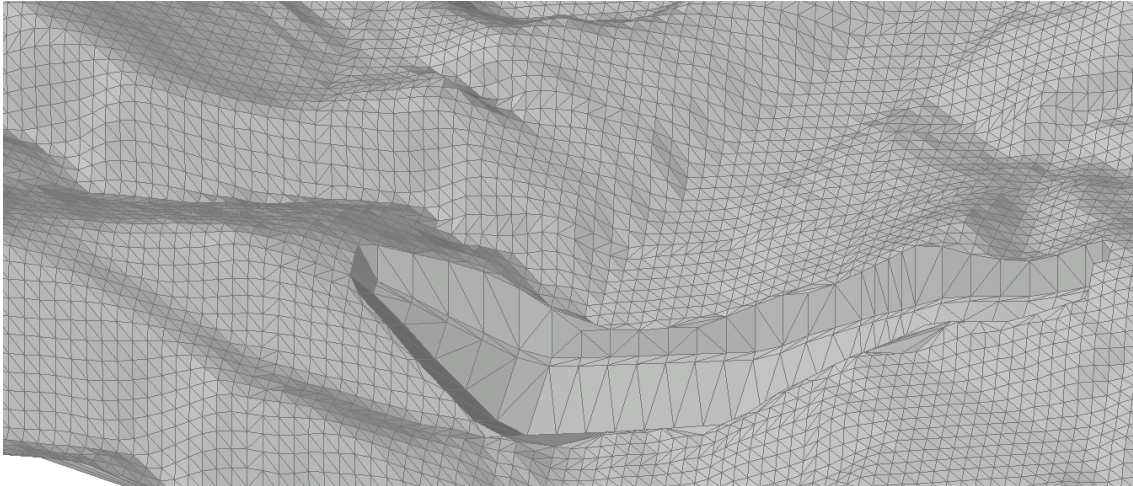


Ilustración 74: Unión del modelo completo de civil 3D. Superficie "Topografía" más "Excavación Superficie"

A continuación, se inserta la tercera superficie, *Explanada*, que genera la siguiente modificación:

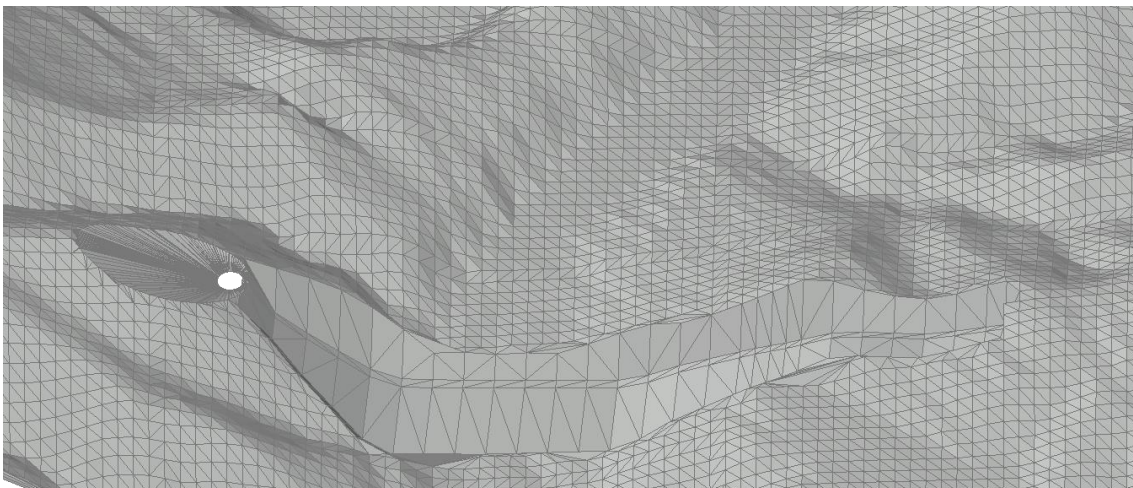


Ilustración 75: Unión del modelo completo de civil 3D. Adición de la "Explanada"

Por último, se pega la superficie *Camino_acceso* de igual forma que los anteriores y se obtiene la solución:

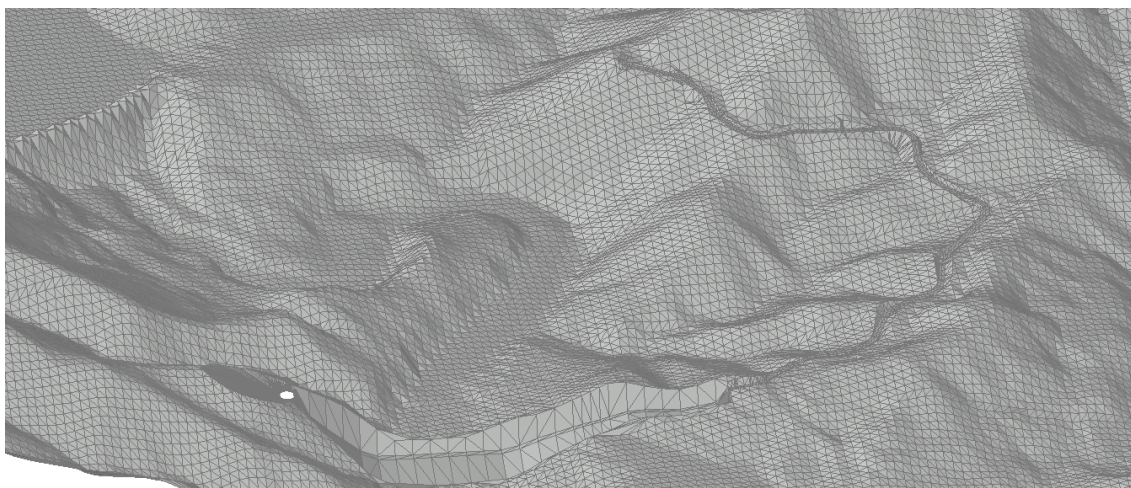


Ilustración 76: Unión del modelo completo de civil 3D. Adición del "Camino_acceso"

Resulta interesante matizar que el orden en que se pegan las capas influye en el resultado final del modelo. Así, para que el resultado sea el que verdaderamente se ejecutará en obra, hay que ordenar las capas pegadas sobre la superficie *Topografía_resultante* a través de las propiedades de esta superficie:

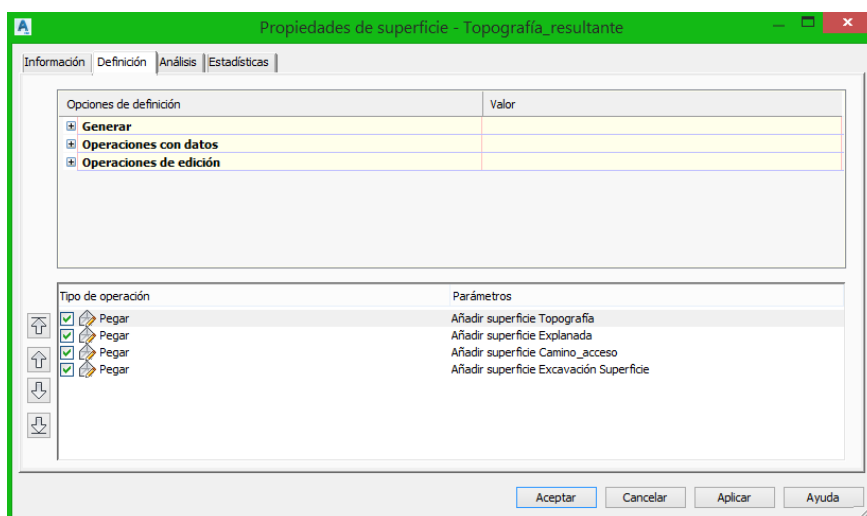


Ilustración 77: Unión del modelo completo de civil 3D. Propiedades de Superficie "Topografía_resultante"

De esta forma, el resultado final de la obra ejecutada, visualizando incluso la propia presa, tiene el siguiente aspecto:

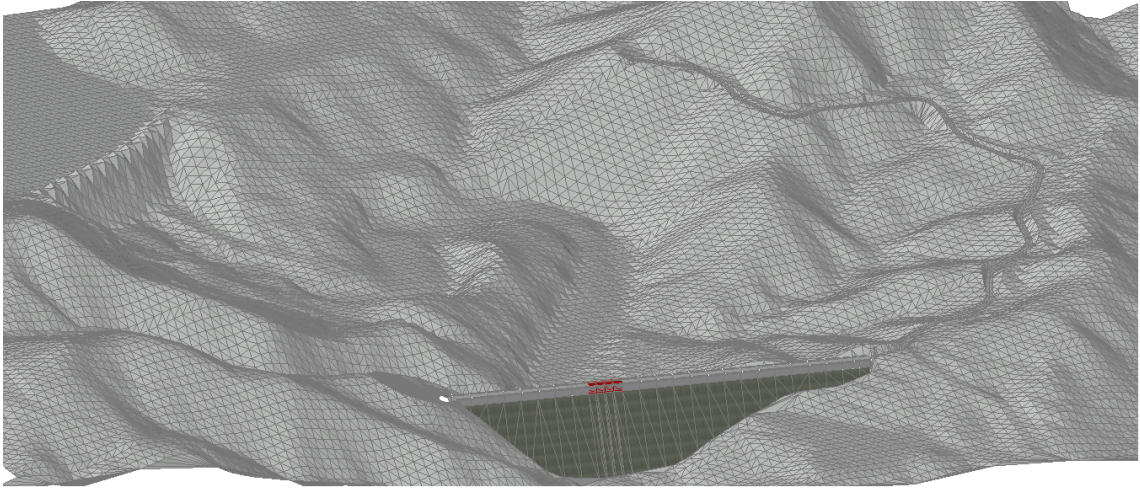


Ilustración 78: Unión del modelo completo de civil 3D. SOLUCIÓN

11. RESULTADOS

La obra abarca tres movimientos de tierra en total. Esto es, el relativo a la excavación para la base de la presa; el movimiento de tierra para el camino de acceso; y el generado con la explanación.

11.1. Camino de acceso

El movimiento de tierras del camino de acceso, al tratarse de una obra lineal, se obtiene de cubicar los perfiles transversales generados a partir de la definición previa de una línea de muestreo referida respecto de la alineación del camino. De este modo, se obtiene una tabla con los valores del movimiento de tierra para cada sección transversal a la carretera. El resultado de este análisis es el siguiente:

P.K	Área de desmonte (m ²)	Volumen de desmonte (m ³)	Volumen reutilizable (m ³)	Área de terraplén (m ²)	Volumen de terreaplén (m ³)	Vol. desmonte acumul (m ³)	Vol. reutilizable terraplén (m ³)	Vol. acumul. (m ³)	Vol. neto acumul (ft ³)
0+020.000	0.00	0.00	0.00	123.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+040.000	0.00	0.00	0.00	101.05	2301.03	0.00	0.00	2301.03	-2301.03
0+060.000	0.26	2.55	2.55	22.05	1250.20	2.55	2.55	3551.23	-3548.68
0+080.000	62.78	660.99	660.99	0.00	214.74	663.54	663.54	3765.96	-3102.43
0+100.000	1.32	659.21	659.21	17.98	176.83	1322.75	1322.75	3942.79	-2620.04
0+120.000	7.33	88.68	88.68	5.89	232.27	1411.43	1411.43	4175.06	-2763.64
0+140.000	66.21	753.06	753.06	0.00	57.60	2164.48	2164.48	4232.66	-2068.18
0+160.000	34.48	1006.88	1006.88	0.00	0.00	3171.36	3171.36	4232.66	-1061.30
0+180.000	6.98	398.14	398.14	2.78	29.43	3569.51	3569.51	4262.10	-692.59
0+200.000	0.00	64.89	64.89	10.03	136.87	3634.40	3634.40	4398.97	-764.57
0+220.000	0.00	0.00	0.00	67.56	783.84	3634.40	3634.40	5182.80	-1548.40
0+240.000	0.00	0.00	0.00	123.45	1910.16	3634.40	3634.40	7092.96	-3458.56
0+260.000	0.00	0.00	0.00	111.54	2260.85	3634.40	3634.40	9353.81	-5719.41
0+280.000	0.00	0.00	0.00	33.69	1429.00	3634.40	3634.40	10782.81	-7148.41
0+300.000	19.85	198.51	198.51	0.05	337.33	3832.91	3832.91	11120.14	-7287.22
0+320.000	8.47	269.00	269.00	1.41	15.33	4101.91	4101.91	11135.47	-7033.55
0+340.000	0.00	77.77	77.77	42.63	480.84	4179.68	4179.68	11616.31	-7436.62
0+360.000	0.00	0.00	0.00	93.00	1369.50	4179.68	4179.68	12985.81	-8806.12
0+380.000	0.00	0.00	0.00	100.10	1902.18	4179.68	4179.68	14887.99	-10708.30
0+400.000	0.00	0.00	0.00	64.97	1611.36	4179.68	4179.68	16499.35	-12319.67
0+420.000	0.91	9.12	9.12	11.60	765.70	4188.81	4188.81	17265.05	-13076.24
0+440.000	10.52	114.35	114.35	2.06	136.68	4303.16	4303.16	17401.73	-13098.57
0+460.000	15.93	260.10	260.10	0.00	21.05	4563.25	4563.25	17422.78	-12859.52
0+480.000	3.28	190.29	190.29	4.72	47.71	4753.54	4753.54	17470.49	-12716.95
0+500.000	8.11	100.94	100.94	0.12	54.72	4854.48	4854.48	17525.21	-12670.73
0+520.000	4.47	115.64	115.64	7.33	82.61	4970.12	4970.12	17607.82	-12637.70
0+540.000	0.00	45.39	45.39	21.25	282.37	5015.51	5015.51	17890.19	-12874.68
0+560.000	0.00	0.00	0.00	30.58	511.26	5015.51	5015.51	18401.45	-13385.94

0+580.000	0.00	0.00	0.00	27.37	576.66	5015.51	5015.51	18978.11	-13962.60
0+600.000	0.00	0.00	0.00	11.70	389.64	5015.51	5015.51	19367.74	-14352.23
0+620.000	38.23	396.98	396.98	0.00	116.21	5412.49	5412.49	19483.96	-14071.46
0+640.000	133.53	1732.73	1732.73	0.00	0.00	7145.22	7145.22	19483.96	-12338.73
0+660.000	209.68	3091.71	3091.71	0.00	0.00	10236.94	10236.94	19483.96	-9247.02
0+680.000	161.16	3353.56	3353.56	0.00	0.00	13590.49	13590.49	19483.96	-5893.46
0+700.000	8.68	1647.96	1647.96	0.08	0.87	15238.46	15238.46	19484.83	-4246.37
0+720.000	0.00	86.85	86.85	18.22	182.98	15325.30	15325.30	19667.81	-4342.51
0+740.000	0.00	0.00	0.00	32.53	507.46	15325.30	15325.30	20175.28	-4849.97
0+760.000	0.00	0.00	0.00	21.42	534.94	15325.30	15325.30	20710.21	-5384.91
0+780.000	0.00	0.00	0.00	15.38	367.97	15325.30	15325.30	21078.19	-5752.88
0+800.000	0.00	0.00	0.00	19.52	353.05	15325.30	15325.30	21431.24	-6105.93
0+820.000	0.00	0.00	0.00	28.20	489.62	15325.30	15325.30	21920.86	-6595.56
0+840.000	0.00	0.00	0.00	20.23	468.89	15325.30	15325.30	22389.75	-7064.45
0+860.000	0.00	0.00	0.00	15.32	344.74	15325.30	15325.30	22734.49	-7409.19
0+880.000	0.00	0.00	0.00	12.36	275.57	15325.30	15325.30	23010.06	-7684.76
0+900.000	0.00	0.00	0.00	16.58	288.12	15325.30	15325.30	23298.18	-7972.88
0+920.000	0.00	0.00	0.00	9.15	251.35	15325.30	15325.30	23549.53	-8224.23
0+940.000	7.53	75.29	75.29	1.07	102.14	15400.59	15400.59	23651.67	-8251.08
0+960.000	33.15	370.07	370.07	0.00	11.40	15770.66	15770.66	23663.07	-7892.41
0+980.000	2.65	345.98	345.98	2.05	20.86	16116.64	16116.64	23683.93	-7567.29
1+000.000	4.36	63.99	63.99	6.35	91.88	16180.63	16180.63	23775.80	-7595.17
1+020.000	0.00	43.62	43.62	5.50	118.50	16224.25	16224.25	23894.30	-7670.06
1+040.000	0.00	0.00	0.00	8.67	141.70	16224.25	16224.25	24036.00	-7811.75
1+060.000	0.00	0.00	0.00	8.90	168.65	16224.25	16224.25	24204.65	-7980.40

Tabla 1: Resultados. Movimientos de Tierra del Camino de Acceso

11.2. Excavación.

El movimiento de tierra generado durante la excavación se puede obtener a partir de la comparación directa entre la superficie *Excavación Superficie* y *Topografía*. La comparación consiste en generar una superficie de volumen TIN e imponer como superficie base la *Excavación Superficie* y por objetivo la *Topografía*:

Crear superficie

Tipo: Superficie de volumen TIN Capa de superficie: C-SUPE

Propiedades	Valor
Información	
Nombre	MT_Excavación
Descripción	Descripción
Estilo	CN Proyectadas en 3D (Intervalo 1.00...
Material de renderización	ByLayer
Superficies de volumen	
Superficie base	Excavación Superficie
Superficie de comparación	Topografía
Factor en desmonte	1.000
Factor en terraplén	1.000

Al seleccionar Aceptar se creará una nueva superficie que aparecerá en la lista de superficies de Prospector.

Aceptar Cancelar Ayuda

Ilustración 79: Resultados.Superficie de volumen TIN

Visualizando la superficie de volumen generada:

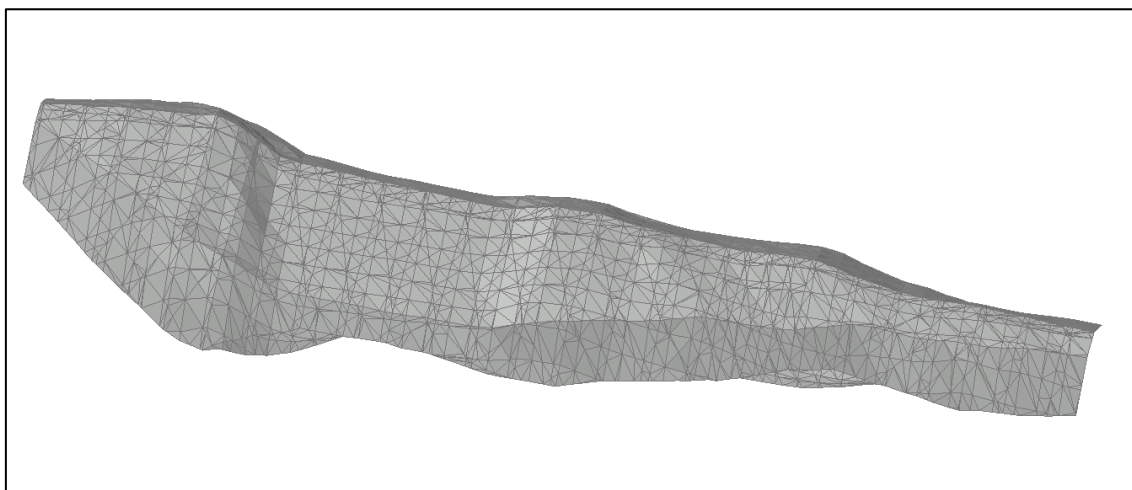


Ilustración 80: Resultados. Superficie generada

Realizando un estudio de hipsometría se puede conocer el volumen, entre otras cosas, del movimiento de tierras necesario a realizar para ejecutar la excavación y preparar el terreno sobre el que se proyectará la nueva presa.

ESTUDIO DE HIPSONETRÍA						
INTERVALO	COLOR	COTA MINIMA	COTA MAXIMA	ÁREA 2D (m²)	ÁREA 3D (m²)	VOLUMEN
1		0.00	36.13	41397.88	52567.75	683513.49

Ilustración 81: Resultados. Estudio Hipsometría Excavación

Se tiene que la superficie a desmontar abarca un volumen de 683.513,49 m³.

11.3. Explanación.

Realizando el mismo planteamiento que para el caso de la excavación, se genera una superficie de Volumen TIN con la superficie *Explanada* como base y *Topografía* como superficie objetivo. La comparación entre ambas superficies permite generar la visualización del volumen de tierra desmontado:

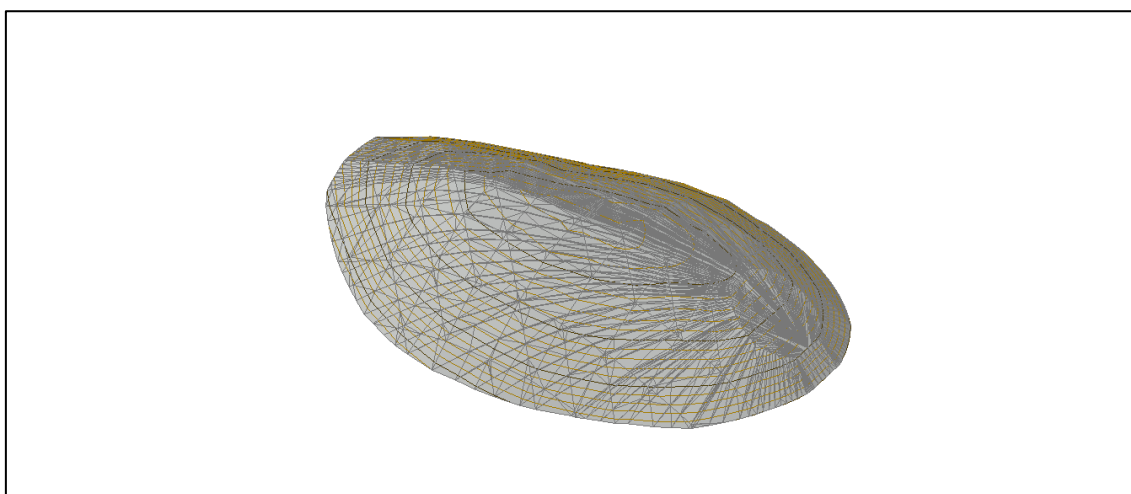


Ilustración 82: Resultados. Desmonte de Explanación

Del estudio de hipsometría se tiene:

ESTUDIO DE HIPSONETRIA						
INTERVALO	COLOR	COTA MINIMA	COTA MAXIMA	ÁREA 2D (m²)	ÁREA 3D (m²)	VOLUMEN
1		0.00	17.49	5563.48	6645.19	51311.82

Ilustración 83: Resultados. Estudio Hipsometría Explanación

Se tiene que la superficie a desmontar abarca un volumen de 51.311,82 m³.

11.4. Presa.

Realizando el mismo planteamiento que para el caso de la excavación, se genera una superficie de Volumen TIN con la superficie *Excavación Superficie* como base y *Presa Superficie* como superficie objetivo. La comparación entre ambas superficies permite generar la visualización del volumen de hormigón correspondiente al cuerpo de presa:

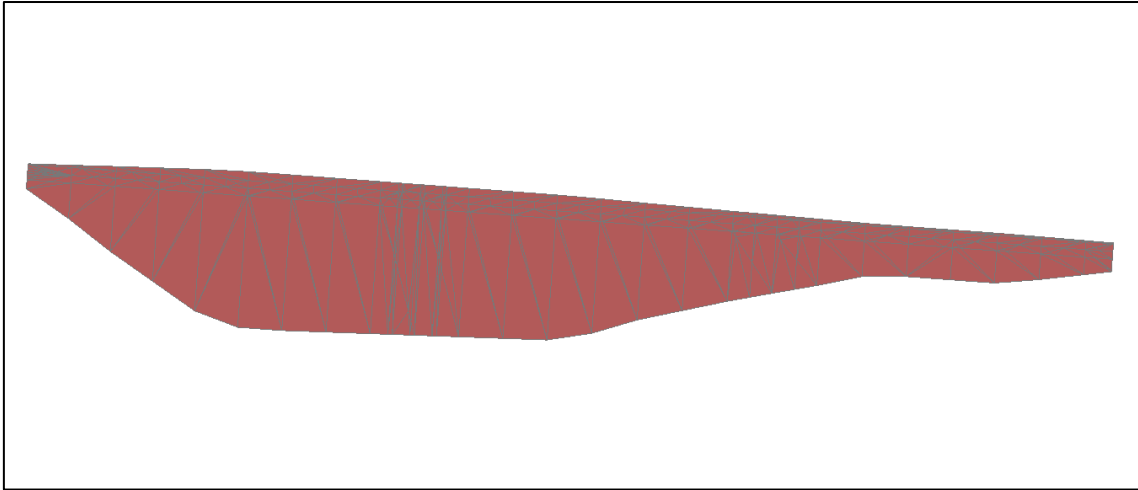


Ilustración 84: Resultados. Volumen cuerpo presa

Como se ha mencionado anteriormente, se tiene que el modelado en Civil 3d sólo permite generar la superficie relativa al cuerpo de presa siendo necesario el modelado a mano de la cresta de la presa. En consecuencia, el volumen obtenido con el proceso descrito sólo da el volumen de una parte de la presa, el cual, según el estudio de hipsometría, es el siguiente:

ESTUDIO DE HIPSONETRIA						
INTERVALO	COLOR	COTA MINIMA	COTA MAXIMA	AREA 2D (m²)	AREA 3D (m³)	VOLUMEN
1		0.00	79.30	22368.51	57987.29	754734.16

Ilustración 85: Resultados. Estudio Hipsometría Presa

Se tiene que el volumen del cuerpo de presa es de 754.734,16 m³. A este volumen, hay que sumar el relativo a la cresta. Por un lado, se tiene el volumen de los sólidos 3d que integran la cresta es de 35.073,84 m³.

El volumen total de hormigón para la presa es de:

$$V_{CUERPO PRESA} = 754.734,16 + 35.073,84 = 789.808 \text{ m}^3$$

12. CONCLUSIONES

Tras todo el proceso de desarrollo e implantación del modelo en Civil 3d de una obra de la envergadura de una presa se extrae la dificultad que su diseño conlleva. Y es que, pese haber conseguido el modelo de la presa casi en su totalidad, no hay que olvidar que la cresta se ha modelado como un Sólido3D, se siguen encontrando dificultades en cuanto a los procesos posteriores al modelado. Por ejemplo, una vez diseñada la presa, resulta menos directo el cálculo del volumen de la presa que la cubicación para el camino de acceso.

Realizando un matiz a lo anterior, se tiene que el modelo en Civil3d se realiza de manera mucho más sencilla gracias a la herramienta Subassembly Composer, la cual permite el desarrollo de elaborados ensamblajes que, a priori, con Civil no se podrían modelar sin mucho empeño en dicha tarea.

Un punto en contra del modelo, surge en el análisis post-proceso, como se podría llamar al estudio de volúmenes, no es automático. Como se ha visto en el punto anterior, resulta necesario estudiar la diferencia de volúmenes entre la superficie de la presa y la topografía tras ejecutar la cimentación. En cambio, para el caso de una carretera Civil3d da información del movimiento de tierra y, además, acota los resultados a voluntad del usuario.

Pese a todo, el mero hecho de que la realización de un modelo 3D con una herramienta como Civil3d entre cuyas funciones no se incluye de forma primitiva el modelado de presas abre la puerta a un campo nuevo y que, como se ha demostrado, arroja valores visuales con gran nivel de detalle llegando incluso a potenciarse los cálculos. Haciendo una retrospectiva, antiguamente el cálculo de los volúmenes se hacía a mano, ahora se pueden realizar a través de un programa cuya precisión es mucho más elevada que las anticuadas hojas de cálculo.

Se procederá a mostrar parte del lenguaje empleado en la memoria, ya que el resto es un lenguaje común y no precisa de aclaración. Pese a que la mayoría de las partes de una presa tienen una traducción clara en el castellano, otras no. Ante dicha situación se puede recurrir a la adopción del término de origen tal cual o, como en el caso del documento presente, realizar una traducción literal del mismo.

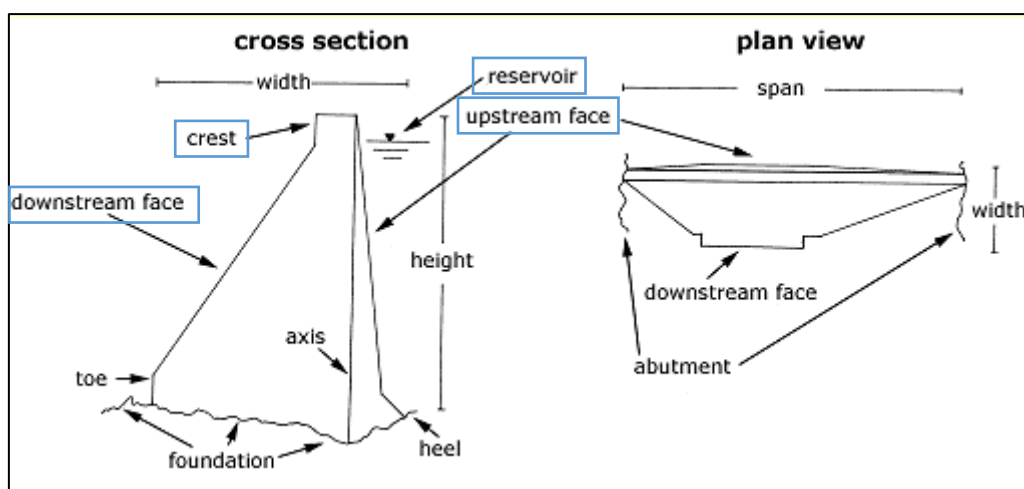


Ilustración 86: Partes de una presa de gravedad y trazado recto. (<http://osp.mans.edu.eg/tahany/dams1.htm>)

Términos tomados de esta ilustración:

- Crest: este término se ha traducido literalmente como *cresta*. Designa la zona de la presa más cercada a la coronación y pendiente nula respecto a la vertical.
- Downstream face: designa la *cara aguas abajo*. Es la zona de la presa que, como su propio nombre indica, está aguas abajo, o sea, contraria a la zona embalsada.
- Upstream face: designa la *cara aguas arriba*. Se refiere a la cara de la presa que da al embalse.
- Reservoir: cuya traducción literal sería “reservorio” pero se emplea el concepto *embalse* para referirse a la zona de agua embalsada.

AUTODESK. *AutoCAD Civil 3D Help*. <<http://docs.autodesk.com/CIV3D/2014/ESP/index.html>> [Consulta: 3 de marzo de 2017]

CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. *Centro de descargas*.
<<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>>

FERNÁNDEZ-PALACIOS CARMONA, J.M., MARTÍN PÉREZ, M.I. Y SANCHO ROYO, F. (2014). *Álbum 100 grandes presas de Andalucía*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. *Servicio WMS GEODE*.
<<http://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/geodezona.aspx?intranet=false&Id=Z2100>>
[Consulta: 26 de agosto de 2017]

JUNTA DE ANDALUCÍA. *Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía*.
<<http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/lineav2/web/>> [Consulta: 25 de marzo de 2017]

JUNTA DE ANDALUCÍA. *Instituto de estadística y cartografía de Andalucía. DERA, G03 Hidrografía*.
<<http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/DERA/g03.htm>> [Consulta: 27 de marzo de 2017]

JUNTA DE ANDALUCÍA. (2012). “*Servicio para la redacción del anteproyecto de nueva presa de la Concepción para incremento de la regulación de los ríos Verde, Guadalmina, Guadaiza y Guadalmanza para abastecimiento de la costa del sol occidental en T.M..Marbella (Málaga)(NET730663)*”. Plataforma de Contratación.
<<http://www.juntadeandalucia.es/contratacion/ContractNoticeDetail.action?code=2012-0000000550>>
[Consulta: 25 de febrero de 2017]

JUNTA DE ANDALUCÍA. *Plan Hidrológico de las Cuencas Mediterráneas Andaluza*, Anejo X, pp.16-28
<<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca/?vgnextoid=6d3173f2c746a310VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=0bb66af68bb96310VgnVCM1000001325e50aRCRD>> [Consulta: 24 de febrero de 2017]

LÓPEZ RUÍZ, A. (2016). *Presas. Apuntes de Infraestructuras Hidráulicas, Grado en Ingeniería Civil*. Universidad de Sevilla

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. *Estados de los embalses y pantanos de España*. <<http://www.embalses.net/pantano-847-la-concepcion.html>> [Consulta: 8 de agosto de 2017]

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. *Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de grandes presas* en B.O.E- Núm. 257. <<http://www.boe.es/boe/dias/1967/10/27/pdfs/A14716-14738.pdf>> [Consulta: 26 de agosto de 2017]

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. *Ficha técnica de la presa: CONCEPCION, LA*. <<http://sig.mapama.es/93/ClienteWS/snczi/default.aspx?nombre=PRESA&claves=DGAGUA.PRESAS.CODPRESA&valores=6290031>> [Consulta: 25 de febrero de 2017]

TORRECILLAS, C. (2017). *Apuntes de Clase de la asignatura Topografía del grado en Ingeniería Civil*. Material no publicado. Universidad de Sevilla

YOUTUBE, “VOLUMEN ENTRE DOS SUPERFICIES” en *Youtube* <https://www.youtube.com/watch?v=4EW7p_Hf8I8> [Consulta: 8 de marzo de 2017]

YOUTUBE, “AutoCAD Civil 3D 2013 - Diseño de una presa (Español)” en *Youtube* <<https://www.youtube.com/watch?v=83zwXGdBChY&t=585s>> [Consulta: 30 de marzo de 2017]

Todas las ilustraciones son de elaboración propia, salvo que se indique lo contrario.